

**PROPUESTA DE DESPLIEGUE ÓPTIMO DE UN SISTEMA AISLADO DE
ALTA EFICIENCIA Y SU EVALUACIÓN EN APLICACIONES
MULTIPROPÓSITO PARA CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS E
ILUMINACIÓN EN ZONAS Y VÍAS RURALES**

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de: INGENIERO
ELÉCTRICO.**

**TEMA:
PROPUESTA DE DESPLIEGUE ÓPTIMO DE UN SISTEMA AISLADO DE
ALTA EFICIENCIA Y SU EVALUACIÓN EN APLICACIONES
MULTIPROPÓSITO PARA CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS E
ILUMINACIÓN EN ZONAS Y VÍAS RURALES**

**AUTOR:
JONATHAN GABRIEL VILLARREAL BERRONES**

**TUTOR:
CRISTIAN CRISTÓBAL CUJI CUJI**

Quito, Febrero de 2022

Nombre del autor

Jonathan Gabriel Villarreal Berrones

Universidad Politécnica Salesiana, Quito – Ecuador 2022

Ingeniería Eléctrica

Breve reseña histórica e información de contacto.



Jonathan Gabriel Villarreal Berrones (Y'1997 – M'07). Realizo sus estudios en el colegio “Central Técnico” se graduó de bachiller técnico en la especialidad de Electricidad. Egresado de la carrera de Electricidad de la Universidad Politécnica Salesiana, su trabajo se basa en la propuesta de un despliegue óptimo de un sistema aislado de alta eficiencia y su evaluación en aplicaciones multipropósito para carga de vehículos eléctricos e iluminación en zonas rurales.

jvillarrealb@est.ups.edu.ec

Dirigido por:



Cristian Cristobal Cuji Cuji (Y'1983 – M'03). Se graduó de Ingeniero Electrónico de la Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador en 2014 y Master en Energía, Facultad de Ciencias Físicas en la Universidad Complutense de Madrid – España 2015. Actualmente es profesor e investigador en la Universidad Politécnica Salesiana – Quito Ecuador.

ccuji@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados:

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con la autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos o investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

©2022 Universidad Politécnica Salesiana

QUITO - ECUADOR

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR/A

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación PROPUESTA DE DESPLIEGUE ÓPTIMO DE UN SISTEMA AISLADO DE ALTA EFICIENCIA Y SU EVALUACIÓN EN APLICACIONES MULTIPROPÓSITO PARA CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS E ILUMINACIÓN EN ZONAS Y VÍAS RURALES realizado por Jonathan Gabriel Villarreal Berrones obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, Febrero de 2022



Cristian Cristóbal Cuji Cuji

Cédula de identidad: 1718002221

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Jonathan Gabriel Villarreal Berrones, con documento de identificación N° 1723224539, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado/titulación intitulado: PROPUESTA DE DESPLIEGUE ÓPTIMO DE UN SISTEMA AISLADO DE ALTA EFICIENCIA Y SU EVALUACIÓN EN APLICACIONES MULTIPROPÓSITO PARA CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS E ILUMINACIÓN EN ZONAS Y VÍAS RURALES, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Nombre: Jonathan Gabriel Villarreal Berrones

Cédula: 1723224539

Fecha: Febrero de 2022

1. INDICE GENERAL

1	Introducción	2
2	Marco Teórico.....	2
2.1	Principales vías para la implementación del sistema	2
2.2	Evaluación del recurso solar.....	4
2.3	Sistemas fotovoltaicos	6
2.4	Alta eficiencia.....	7
2.5	Alumbrado público.....	7
3	Desarrollo del sistema multipropósito	11
3.1	Evaluación del recurso energético con el método de Glover & McCulloch ..	11
3.2	Electrolinera	12
3.3	Cálculo de la distancia de las luminarias.....	13
4	Simulación y resultados del sistema multipropósito.....	19
4.1	Banco de baterías.....	21
4.2	Resumen técnico del sistema multipropósito	22
5	Conclusiones	24
6	Referencias.....	24
7	Estado del Arte.....	27
8	Anexos	30

2. INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tramo sin iluminación de la vía E487 tomada de Google Maps.....	3
Figura 2. Vía E487 imagen tomada de Google Maps.	3
Figura 3. Tramo sin iluminación de la vía E28 tomada de Google Maps.....	4
Figura 4. Vía E28 imagen tomada de Google Maps	4
Figura 5. Tramo sin iluminación de la vía E45 tomada de Google Maps.....	4
Figura 6: Parámetros para el cálculo del factor de utilización	8
Figura 7. Disposición Unilateral	9
Figura 8. Disposición Bilateral alternada.....	9
Figura 9. Disposición bilateral opuesta.....	9
Figura 10. Disposición central doble	9
Figura 11. Conexión para carga rápida	10
Figura 12. Regresión Lineal.....	11
Figura 13. Método de Glover & McCulloch vs Datos de la Nasa	12
Figura 14. Modelo de G & M vs Datos de la NASA vs datos PVSYST	12
Figura 15. Electrolinera.....	13
Figura 16. Electrolinera vista frontal	13
Figura 17: Poste de alumbrado público.....	14
Figura 18. Disposición de luminarias en la vía E487 georreferenciada.....	14
Figura 19. Iluminación de la carretera en el software DiaLux.....	15
Figura 20 Arreglo por cada poste.....	19
Figura 21 Arreglo por cada 10 postes	20
Figura 22 Sistema fotovoltaico multipropósito.....	21
Figura 23. Potencia del sistema.....	21
Figura 24. Potencia instalada por cada poste	21
Figura 25. Voltaje del banco de baterías electrolineras	21
Figura 26. Voltaje banco de baterías electrolineras	22
Figura 27. Corriente del banco de baterías de las electrolineras.....	22
Figura 28. Flujograma del proceso para diseño del sistema multipropósito.....	23

3. INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Eficiencia de los paneles solares.....	7
Tabla 2: Parámetros para selección de clase de iluminación	8
Tabla 3: Parámetros fotométricos	8
Tabla 4: Factor de mantenimiento de acuerdo a las características de la zona	9
Tabla 5: Clasificación de las vías.....	10
Tabla 6: Iluminancia media y tipo de vía.....	10
Tabla 7: Radiación Global de las diferentes localidades de estudio	11
Tabla 8: Tabla de valores para el método de Glover & McCulloch	11
Tabla 9: Tabla de valores para el método de Glover y McCulloch	11
Tabla 10: Valores de irradiación por el método de Glover & McCulloch.....	12
Tabla 11: Demanda de la electrolinera.....	13
Tabla 12: Parámetros fotométricos obtenidos del software DiaLux	15
Tabla 13: Especificaciones técnicas del panel solar para electrolineras	15
Tabla 14: Caídas de tensión del arreglo de 10 postes	20
Tabla 17: Características del sistema aislado fotovoltaico	23
Tabla 18: Caída de voltaje del sistema por distancias.....	30
Tabla 19: Corriente del banco de baterías.....	32
Tabla 20: Voltaje del banco de baterías	39
Tabla 21: Pérdida de potencia del sistema	46
Tabla 22: Voltaje del banco de baterías	48

PROPUESTA DE DESPLIEGUE ÓPTIMO DE UN SISTEMA AISLADO DE ALTA EFICIENCIA Y SU EVALUACIÓN EN APLICACIONES MULTIPROPÓSITO PARA CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS E ILUMINACIÓN EN ZONAS Y VÍAS RURALES

Resumen

En este documento se expresan los resultados a una propuesta de un sistema aislado de alta eficiencia para aplicaciones multipropósito el cual es implementado a lo largo de una vía, se trata de un sistema fotovoltaico aislado por lo cual se procede al análisis del recurso energético en la zona de estudio haciendo uso del método de Glover y McCulloch. El despliegue de postes para iluminación está diseñado en base a normas y parámetros establecidos para cada tipo de vía, además se hace uso del software DiaLux para la comprobación de los parámetros de iluminación. Se realiza un diseño fotovoltaico, con los datos de irradiación obtenidos en el análisis de recurso energético para luego realizar un análisis de carga, así como también el comportamiento del banco de baterías.

Por último, se realiza un análisis de todas las características del sistema tales como pérdidas de potencia, caídas de tensión y producción de energía del sistema. El sistema es pensado como una solución a la seguridad y confiabilidad de los sistemas de iluminación en las carreteras, mejora en las telecomunicaciones y como una futura solución para carga de vehículos eléctricos.

Palabras Clave: Alta eficiencia, Alumbrado público, fotovoltaico, Glover y McCulloch, sistema multipropósito, sistema aislado.

Abstract

This document presents the results of a proposal for a high-efficiency insulated system for multipurpose applications, which is implemented along a road, it is an isolated photovoltaic system, for which the analysis of the energy resource in the study area using the Glover and McCulloch method. The use of poles for lightning is designed based on standards and parameter established for each type of road, in addition, the DiaLux software is used to check the lighting parameters. A photovoltaic design is carried out, with the irradiation data obtained in the energy resource analysis to the carry out a load analysis, as well as the behavior of the battery bank.

Finally, an analysis of all the characteristics of the system such as power losses, voltage drops and energy production of the system is carried out. The system is intended as a solution for the safety and reliability of highway lighting systems, an improvement in telecommunication, and as a future solution for charging electric vehicles.

Keywords: High efficiency, Public lighting, photovoltaic, Glover and McCulloch, multipurpose system, isolated system.

1 Introducción

Este documento presenta una propuesta de un sistema aislado fotovoltaico para carga de vehículos eléctricos, iluminación y telecomunicaciones, se trata de un sistema aislado debido a que en ciertas ocasiones el país sufre apagones repentinos dejando varios sectores sin energía y vías sin iluminación, por lo que esto se vuelve un problema en la seguridad de los usuarios. Con este sistema se pretende cubrir sectores que no cuentan con señal telefónica siendo está en la actualidad uno de los servicios básicos principales que se debe tener en todo lugar.

En la parte de iluminación se procede a realizar un análisis en el software DiaLux para la comprobación de parámetros de iluminación para los diferentes tipos de calzada.

En el país la mayor cantidad de dióxido de carbono es producida por los vehículos de combustibles fósiles, debido a la facilidad de encontrar gasolineras en donde poder cargar los vehículos [1].

La carga de vehículos es uno de los servicios con los que el sistema multipropósito cuenta, conforme pasa el tiempo los motores a gasolina están siendo reemplazados por motores que son eléctricos, debido a que estos no generan dióxido de carbono y ruido hacia el ambiente, por esta razón uno de los principales problemas a resolver es la carga de vehículos eléctricos, ya que la autonomía de estos no permite que se los pueda utilizar para viajes largos, entonces si se contara con puntos que permitan la carga de los mismos a lo largo de una vía, la autonomía ya no será un problema y los vehículos eléctricos pueden ser utilizados con mayor confiabilidad [1].

El análisis del recurso energético mediante un método para la obtención de datos de irradiación, es necesarios para el

diseño de un sistema óptimo, para cumplir con las aplicaciones que demanda el usuario.

2 Marco Teórico

Los sistemas aislados en la actualidad son de gran importancia debido a que no depende de fuentes de energía del sistema eléctrico interconectado de un país, razón por la cual, estos sistemas son empleados para mantener energizados ciertos lugares en los que las contingencias en el sistema eléctrico no pueden afectar, siendo estos sistemas la solución para llevar energía eléctrica a sectores rurales o comunidades en las que el sistema eléctrico del país no puede llegar o es difícil realizar un tendido eléctrico, ya sea por las distancias o en otras ocasiones un proyecto de energización no es factible, debido al costo beneficio en ciertos sectores, por lo que es necesario implementar sistemas aislados que en ocasiones representan menor inversión en comparación de un tendido de red eléctrica y brindando el mismo beneficio para los usuarios de una comunidad, sector o zona.

2.1 Principales vías para la implementación del sistema

Para realizar el despliegue del sistema eléctrico fotovoltaico multipropósito es necesario utilizar vías que no cuenten con alumbrado público y que sean de tránsito alto. En el Ecuador existen varias vías que no cuentan con el servicio de alumbrado público ni tendido eléctrico, muchas de ellas son vías principales que conectan a regiones del Ecuador [2].

Las vías y zonas que cumplen con estas características son las siguientes:

2.1.1 Caso de estudio vía E487

Esta vía es una carretera principal que conecta la zona de la Costa con la Sierra siendo más específicos la ciudad de Guayaquil con Riobamba. La vía es transitada por camiones que llevan productos de la Costa a la Sierra y viceversa, además en días festivos estas vías son repletas de vehículos que visitan la costa. Uno de los principales problemas en esta vía es los asaltos constantes a los camioneros, los accidentes de tránsito de igual manera son muy frecuentes por la misma razón ya que en las noches suele haber neblina en la carretera y la visibilidad de los conductores se dificulta.

Ciertos tramos en donde existen pequeñas comunidades y pueblos hay electricidad, pero esta no pasa por la carretera pasa por otros lugares para conectar los pueblos sin tener que alargar demasiado el tendido eléctrico debido a los altos costos que esto supondría. Sin embargo existe en el tramo de la carretera varias comunidades que no cuentan con electricidad esto por la altura del páramo de Navag, existen personas en ese sitio que viven aislados sin el uso de energía eléctrica por lo que el beneficio de pasar el sistema fotovoltaico sería también aprovechado por estas comunidades.

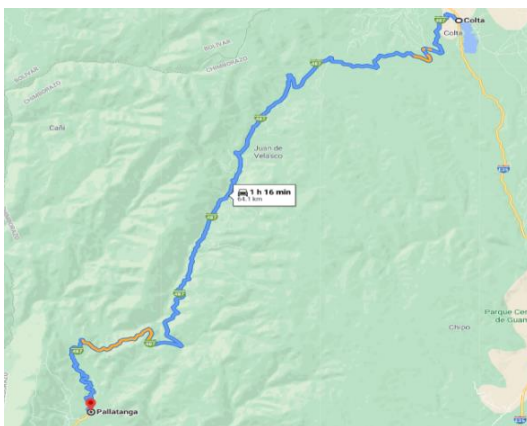


Figura 1. Tramo sin iluminación de la vía E487 tomada de Google Maps

La vía cuenta con una extensión de 64,1 km de longitud es des dos carriles y su ancho es de 9 metros en todos los alrededores existen productores agrícolas.



Figura 2. Vía E487 imagen tomada de Google Maps.

2.1.2 Caso de estudio vía E28

La vía E28 tiene tramos que todavía no cuentan con alumbrado público esta es una de las vías principales que conectan la región de la Costa con la Sierra, la vía es transitada por vehículos de carga liviana y pesada debido a que en estos sectores hay producción de productos como palmito, banano, verde, yuca entre otros productos que en su mayoría se producen en la Costa. La vía se caracteriza por ser insegura los robos son frecuentes y también los accidentes, aparte de ser totalmente oscura carece de señal de telefonía celular por lo que es difícil en una emergencia pedir ayuda.

El tramo es de Calacali hasta Nanegalito, en el cual no existe alumbrado público a excepción de pequeños tramos.

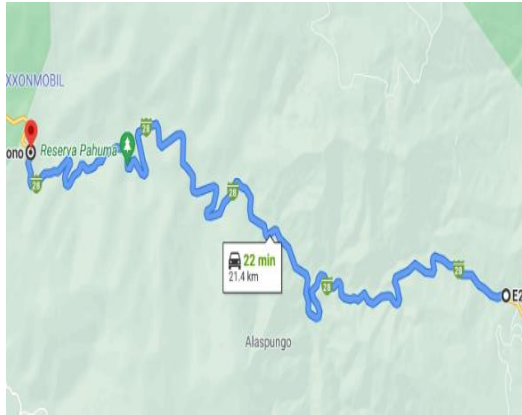


Figura 3. Tramo sin iluminación de la vía E28 tomada de Google Maps



Figura 4. Vía E28 imagen tomada de Google Maps

La vía de dos carriles cuenta con una extensión de 21,4 km de longitud y su ancho es de 9 metros.

2.1.3 Caso de estudio vía E45

La vía E45 es una vía principal que conecta varios sectores del Ecuador, pero en este caso en particular se tomara el tramo ubicado en el Oriente que conecta la región Sierra con en el Oriente. Esta vía es utilizada para comercio entre la región Sierra y el Oriente, tiene tramos que no cuentan con alumbrado público o tendido eléctrico y no cuenta con señal para los teléfonos celulares o la señal es muy baja.

El tránsito de vehículos es alto por lo que es una de las vías las cuales se puede hacer el caso de estudio.



Figura 5. Tramo sin iluminación de la vía E45 tomada de Google Maps

Esta vía cuenta con una extensión de 42,2 km de largo y 9 metros de ancho.

2.2 Evaluación del recurso solar

La evaluación del recurso solar es una de las pares necesarias para la obtención de un despliegue óptimo ya que en estas se analizan las variables de la fuente inagotable de energía que es el sol de la cual se obtiene la radiación solar.

2.2.1 Radiación Solar

La radiación solar son ondas electromagnéticas las cuales son producidas por el sol y van en todas direcciones [3]. Estas ondas electromagnéticas se producen mediante el proceso de fusión nuclear, la unidad de medida de la radiación solar es la irradiación y se mide en W/m² (Vatios sobre metro cuadrado) [3]. La irradiación que llega a la superficie de la tierra es depende de la altura sobre el nivel del mar [3].

2.2.2 Radiación Global

La radiación global es la sumatoria de la radiación directa, reflejada y la difusa.

La radiación directa es aquella que se la puede identificar debido a la

proyección de sombra que se genera de objeto en la superficie de la tierra.

La radiación reflejada es aquella que se refleja en una superficie.

La radiación difusa es aquella que no produce sombra y no posee una dirección definida por lo debido a la reflectancia por varios objetos como nubes, montañas, árboles, etc.

La radiación global es un parámetro que incluye varios factores como la reflectancia, sombras y reflejo por lo que para la evaluación de recurso solar con el método de Glover & McCulloch es de gran importancia.

El cálculo de este parámetro se lo se puede realizar recurriendo a métodos empíricos, que casi siempre son utilizados en estaciones meteorológicas para obtener datos de radiación, por lo tanto en este caso particular se utiliza el método de Glover & McCulloch [4]. El cual permite calcular los coeficientes a y b utilizando una regresión lineal incluyendo factores como la latitud del lugar en donde se realiza el estudio, es importante saber que los lugares en los que se puede realizar este métodos son aquellos que su latitud son menores a 60 grados [5]. En el caso de Ecuador se encuentra en latitudes cercanas a los 0 grados por lo que el método es factible.

Para este caso se tomará utiliza datos de la base de datos de la Nasa para analizar en un año los diferentes cambios de la radiación en cada mes. Para realizar el método se procede a utilizar la siguiente ecuación (1):

$$\frac{H}{H_o} = a \cos \varphi + b \left(\frac{n}{N} \right) \quad (1)$$

Donde:

H: La radiación global diaria promedio mensual en kWh. m⁻². dia⁻¹.

H_o: La radiación extraterrestre diaria promedio mensual en kWh. m⁻². dia⁻¹.

n: El promedio mensual de horas diarias de brillo solar.

N: El número máximo diario promedio mensual de horas sol.

a y b: Son las constantes de regresión.

Φ: Latitud de la locación [4].

Para calcular la radiación extraterrestre diaria se utiliza la siguiente ecuación (2) [4]:

$$\begin{aligned} H_o &= \frac{24 \times 3600 \times I_{sc}}{\pi} \\ & * \left[1 + 0.033 \cos \left(2\pi \frac{d}{365} \right) \right] \\ & * [\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s \\ & + \omega_s \sin \phi \sin \delta] \end{aligned} \quad (2)$$

Donde:

I_{sc}: Constante solar equivalente a 1367 Wm⁻²

d: El día del año empezando desde el 1 de Enero como el primer día y terminando el 31 de Diciembre como los 365 días [4].

Φ: La latitud de la locación.

δ: El ángulo de declinación

ω_s El ángulo de la hora al atardecer [4].

El ángulo de declinación puede ser obtenido por la siguiente ecuación (3):

$$\begin{aligned} \delta &= 23.45 \sin \left[360 \right. \\ & \left. \times \left(\frac{284 + d}{365} \right) \right] \end{aligned} \quad (3)$$

El ángulo de la hora al atardecer puede ser obtenido por la siguiente ecuación (4) [4]:

$$\omega_s = \cos^{-1}(\tan \phi \tan \delta) \quad (4)$$

Las horas máximas de duración del sol N es obtenido por la siguiente ecuación (5):

$$N = \frac{2 \times \omega_s}{15} \quad (5)$$

Con estas fórmulas los coeficientes a y b pueden ser calculados mediante el método [6].

2.3 Sistemas fotovoltaicos

Un sistema fotovoltaico depende de la fuente principal de energía que es el sol, la tierra a lo largo de un año recibe $1.5 \times 10^{18} kWh$, esta cantidad de energía es 10000 veces mayor que la energía que se consume en la tierra en un año, debido a esto el sol es considerado como una fuente inagotable de energía y se la puede aprovechar mediante el uso de captadores y convertidores para convertir la energía solar en energía eléctrica [7][8].

2.3.1 Paneles fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos son la composición de varias celdas fotovoltaicas de características similares para obtener un voltaje que pueda ser usado en aplicaciones eléctricas, una celda fotovoltaica proporciona un voltaje alrededor de 0.3 V a 0.5 V entonces para obtener voltajes que permitan la aplicación en circuitos eléctricos, por ley de Ohm se sabe que para incrementar el voltaje la conexión de las celdas se la realiza en serie y para la corriente se realiza un arreglo en paralelo este arreglo de celdas en serie y paralelo se les conoce como paneles fotovoltaicos [9].

2.3.2 Baterías

Las baterías son necesarias en un sistema fotovoltaico aislado debido a que se necesitan acumuladores de energía eléctrica para usar esa energía cuando los paneles no están generando, las baterías están constituidas por diferentes elementos químicos por tales motivos se pueden obtener baterías: plomo-ácido, níquel-hierro, iones de litio, níquel-hidruro metálico, etc. [9]. Las baterías de plomo ácido a lo largo del tiempo han sido

de gran importancia debido a que este sistema se utiliza en la gran mayoría de automóviles para almacenar y suministrar energía eléctrica, las baterías de plomo ácido están compuestas por una caja de propileno, placas negativas y positivas de plomo metálico, separadores de PVC y ácido sulfúrico [10].

El ciclo de vida de las baterías depende directamente de la profundidad de descarga, es decir que para que un banco de baterías tenga una larga duración no se debe descargar más del 40% del total de la batería, por este motivo el diseño del banco de baterías se debe realizar teniendo en cuenta una profundidad de descarga que no sobrepase dicho valor [11].

2.3.3 Reguladores de carga

Un regulador de carga es un dispositivo que permite una carga eficiente de las baterías, su funcionamiento se basa en la obtención de un dato como es el voltaje, de los bornes del banco de baterías para de esa forma proteger al banco de baterías de sobrecargas o descargas profundas, las cuales disminuyen la vida útil de las baterías [12].

2.3.4 Inversores

Los inversores son dispositivos electrónicos que permiten a los sistemas fotovoltaicos el uso de cargas en corriente alterna, es decir que convierten la corriente continua en corriente alterna, los inversores comerciales pueden ser monofásicos o trifásicos para frecuencias de 50 Hz y 60 Hz. En general el funcionamiento de un inversor se basa en el ciclo de apertura y cierre de puentes de interruptores semiconductores para la generación de ondas de pulsos variables, la cantidad de pulsos afecta directamente a la distorsión armónica es decir que a mayor cantidad de pulsos mejor será la

señal que se obtiene a la salida de un inversor [13].

2.4 Alta eficiencia

Los paneles fotovoltaicos se caracterizan por tener una eficiencia de producción de alrededor de un 5 % a un 20 % debido a la temperatura la eficiencia cambia por lo que la energía solar no se aprovecha del todo, esta eficiencia depende del material de los paneles, en la tabla 1 se muestra la eficiencia de los paneles solares [14][15].

Tabla 1: Eficiencia de los paneles solares[14]

Materiales	Eficiencia nominal (%)	Eficiencia real (%)
Panel de silicio Monocristalino	24	14-17
Panel de silicio Policristalino	18	13-15
Panel de silicio Amorfo	13	5-7

Se puede observar que la eficiencia en producción disminuye en comparación a la eficiencia en laboratorio. En la actualidad existen maneras de incrementar esos valores de eficiencia y una de ellas es los lentes concentradores.

2.4.1 Lentes concentradores

Son lentes transparentes que redirigen la radiación solar de un área más extensa hacia un punto del sistema, incrementando los niveles de radiación que no se pueden obtener naturalmente. Las celdas para estos sistemas trabajan a altas temperaturas y las que son comerciales por lo general trabajan con temperaturas de 25°C para llegar a la potencia nominal [16].

Una de las configuraciones más comunes son los lentes de Fresnel ya que el funcionamiento de este lente se aproxima al de una lupa [16].

Haciendo que toda la radiación captada por el lente se enfoque en un solo punto [16][15].

Un sistema fotovoltaico con óptica tiene una eficiencia de 170% lo que es unas 10 veces más de la eficiencia de un panel comercial es decir que se puede obtener mayor generación que para el caso de zonas rurales es útil [16].

2.5 Alumbrado público

Para el alumbrado público se tomara en cuenta el uso de lámparas led debido a si rendimiento entre 100 lm/W y 154 lm/W, su vida útil va desde las 50000 a 100000 horas, la temperatura de color esta entre los 2700 K y 5000 K y su flujo luminoso de 18200 [17][18].

La lámpara que se propone utilizar en la instalación es una Sylvania de 90 W 4000 K.

Para tener una distribución óptima de los postes de la luminaria se debe tomar en cuenta ciertos criterios para la ubicación de los postes [17].

2.5.1 Clases de iluminación según el tipo de vías

Para calcular la selección de clase de iluminación se utiliza la siguiente fórmula (6). [19]

$$M = (6 - \Sigma_{Vps}) \quad (6)$$

Donde:

P: Es la clase de iluminación va de M1 a M6

Σ_{Vps} : Es el sumatorio de los valores de la ponderación de acuerdo a la tabla 2 [19].

En la tabla 2 se muestra los parámetros para selección de clase de iluminación.

Tabla 2: Parámetros para selección de clase de iluminación [19].

Parámetros	Opciones	Valores de la ponderación
Velocidad de los vehículos en la vía	Elevada	1
	Alta	0.5
	Moderada	0
Volumen del tráfico de vehículos	Elevado	1
	Alto	0.5
	Moderado	0
	Bajo	-0.5
Composición del tráfico	Muy bajo	-1
	Mezcla con un alto porcentaje de tráfico no motorizado	2
	Mezclado	1
	Solamente motorizado	0
Separación de vías	No	1
	Si	0
Densidad de la intersección	Alta	1
	Moderada	0
Vehículos parqueados	Se permite	0.5
	No se permite	0
Iluminación ambiental	Alta	1
	Moderada	0
	Baja	-1
Guías visuales	Pobre	0.5
	Moderado o bueno	0

2.5.2 Parámetros fotométricos

Para definir los parámetros fotométricos se lo realiza con la siguiente tabla 3 para las clases de iluminación M1 a M6 [19]. En la tabla 3 se muestra los parámetros fotométricos.

Tabla 3: Parámetros fotométricos [19].

Clase de iluminación	Tipo de superficie				Incremento Umbral	Relación abasador de
	Seca		Mojada			
	$Lav(\frac{cd}{m^2})$	Uo	Uf	Uo	Ti(%)	SR
M1	2.0	0.4	0.7	0.15	10	0.5
M2	1.5	0.4	0.7	0.15	10	0.5
M3	1.2	0.4	0.6	0.15	15	0.5
M4	0.75	0.4	0.6	0.15	15	0.5
M5	0.5	0.35	0.4	0.15	15	0.5
M6	0.3	0.35	0.4	0.15	20	0.5

El cálculo de la distancia entre postes estará dada de acuerdo a las características de la calzada o vía en donde se requiere implementar el alumbrado público. Para el cálculo de la distancia se hace uso de las siguiente fórmula (7) [19].

$$Em = \frac{K \times fm \times \phi l}{W \times d} \quad (7)$$

Donde:

Em: Iluminancia media

k: Factor de utilización

fm: Factor de utilización

W: Ancho de la vía

ϕl : Flujo luminoso

d: Distancia entre postes

El factor de utilización se lo obtiene mediante la siguiente fórmula (8) [19]:

$$K = K1 + K2 \quad (8)$$

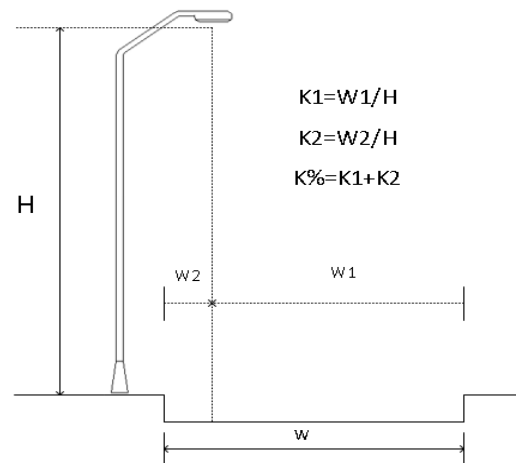


Figura 6: Parámetros para el cálculo del factor de utilización [20]

Para definir el número de postes o luminarias a lo largo de la vía será necesario el uso de la siguiente fórmula [20](9):

$$N = \frac{L}{D} + 1 \quad (9)$$

Donde:

N: Cantidad de luminarias

L: Largo de la vía

H: Altura de la luminaria con respecto a la calzada

R: Relación separación entre luminarias y altura (H/d).

D: $R \times H$ separación entre puntos de L [20].

2.5.3 Disposición del alumbrado público

La disposición del alumbrado público permitirá saber la mejor ubicación de las lámparas en la vía para ello se cuenta con las siguientes disposiciones.

Disposición Unilateral

Se instala a un lado de la vía y es utilizada principalmente cuando la altura de la lámpara es mayor que el ancho de la vía [21].



Figura 7. Disposición Unilateral[21]

Disposición bilateral alternada

Se instala en ambos lado de la vía y es utilizada principalmente cuando el ancho de la vía es ligeramente mayor que la altura de la luminaria [21].

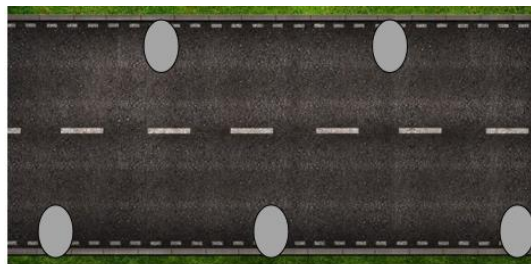


Figura 8. Disposición Bilateral alternada[21]

Disposición bilateral opuesta

Se instala en ambos lados de la vía y es utilizada principalmente cuando el ancho de la vía es bastante mayor a la altura de la luminaria [21].

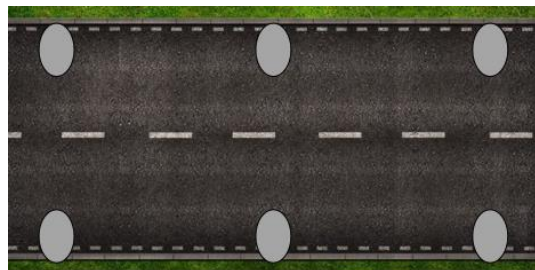


Figura 9. Disposición bilateral opuesta[21]

Disposición central doble

Se instala en el medio de la vía principalmente es utilizada cuando se presentan vías dobles con separador en el medio el cual debe ser mayor a 1.5 m [21].

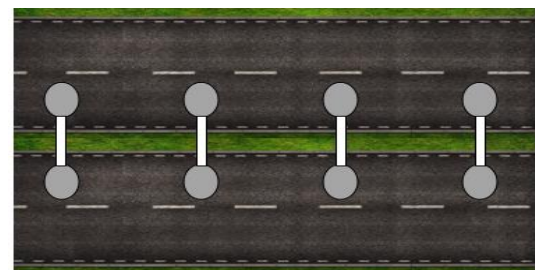


Figura 10. Disposición central doble[21]

Para ayudarnos con la distancia de separación entre luminarias es necesario saber el nivel de suciedad que existe en las vías ya que este permitirá saber el factor de mantenimiento de acuerdo a las características de la zona (fm) la cual se encuentra en la tabla 4 [21].

Tabla 4: Factor de mantenimiento de acuerdo a las características de la zona [21].

Características de la carretera	Luminaria Abierta	Luminaria Cerrada
Limpia	0.75	0.8
Media	0.68	0.7
Sucia	0.65	0.68

Para la iluminancia media será necesario el uso de tablas que permitan la selección de luxes dependiendo el tipo de vía.

Deberemos seleccionar el tipo de vía dependiendo la velocidad de circulación de los vehículos como se muestra en la tabla 5 la cual muestra la clasificación de vías [22].

Tabla 5: Clasificación de las vías [22].

Clasificación	Tipo de vía	Velocidad del tráfico rodado (Km/h)
A	Alta velocidad	$V > 60$
B	Velocidad Media	$30 < V < 60$
C	Carriles bicicletas	-
D	Baja velocidad	$5 < V < 30$
E	Vías peatonales	$V < 5$

Para la iluminancia media y tipo de vía se tiene la tabla 6.

Tabla 6: Iluminancia media y tipo de vía [22].

Tipo de vía	Iluminancia media (Lux)
A	35
B	35
C	30
D	28
E	25

2.4 Electrolineras

Las electrolineras son puntos en donde se puede cargar las baterías de los vehículos eléctricos, es muy similar a las gasolineras tradicionales en donde se llega a un punto y se enchufa al vehículo un cable que cargara la batería.

La recarga de una batería en una estación de carga rápida es de 15 minutos el 50% de la batería y 30 minutos el 80% de la batería [23].

Entre los diferentes tipos de electrolineras se tiene las que son de recarga lenta, recarga semi-rápida y recarga rápida las cuales se diferencian por el consumo que requieren del sistema [23].

2.5.4 Recarga lenta

La recarga lenta tiene un consumo aproximado de 3.7 kW con una corriente de 16 A y un voltaje de 230 VAC es decir que este tipo de recarga se puede utilizar en domicilios sin ningún problema ya que el consumo no es tan elevado y el tiempo que se demora en recargar es tardío siendo así que un vehículo eléctrico se demora 8 horas en cargar prácticamente toda la noche [23].

Recarga semi-rápida

La recarga semi-rápida tiene un consumo aproximado de 7.3 kW con una corriente de 32 A y un voltaje de 230 VAC, de igual manera puede ser utilizado en un domicilio o lugar de trabajo, el tiempo que demora en cargar un vehículo es 4 horas [23].

Recarga rápida

La recarga rápida tiene un consumo aproximado de 50 kW a 62.5 kW cargando en media hora el 80% de un vehículo eléctrico y en 15 minutos el 50% de la batería, siendo esta la mejor opción para una electrolinera [23].

Para realizar una correcta recarga rápida se debe utilizar un convertor de corriente alterna a corriente continua como se muestra en la Figura 11 [23].

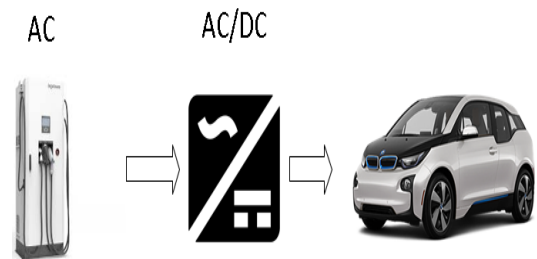


Figura 11. Conexión para carga rápida[1]

3 Desarrollo del sistema multipropósito

Para el desarrollo del sistema se realiza cálculos para el sistema fotovoltaico y para el recurso energético los cuales permitirán obtener el despliegue óptimo del sistema.

3.1 Evaluación del recurso energético con el método de Glover & McCulloch

La radiación global es un parámetro importante al tratar de implementarse un sistema solar fotovoltaico optimizado, debido a que este parámetro es el que se utiliza frecuentemente en cálculos para obtener resultados de generación de los paneles. Para obtener estos datos se hace uso de la base de datos de la Nasa, los cuales son los datos de la radiación global en kWh/m² en un año como se muestra en la tabla 7. En la tabla 7 se muestra la radiación global de las diferentes localidades de estudio.

Tabla 7: Radiación Global de las diferentes localidades de estudio[24]

Meses	E45 (kWh/m ²)	E487 (kWh/m ²)	E28 (kWh/m ²)
Enero	4.17	4.33	3.91
Febrero	3.97	4.21	3.87
Marzo	4.17	4.58	4.29
Abril	4.06	4.40	4.12
Mayo	4.01	4.21	3.87
Junio	3.98	4.18	3.75
Julio	3.90	4.29	3.97
Agosto	4.20	4.60	4.01
Septiembre	4.41	4.59	3.83
Octubre	4.56	4.55	3.81
Noviembre	4.77	4.65	3.7
Diciembre	4.41	4.38	3.63

La evaluación del recurso energético es una evaluación mensual, utilizando los valores que se muestran en las siguientes tablas 8 y 9 [24]. En las tablas 8 y 9 se muestra los valores para el método de Glover & McCulloch.

Tabla 8: Tabla de valores para el método de Glover & McCulloch[24]

Delta	Ws	HRADIAN	Ho	N
-22.930	90.811	1.5849	35.386	12.10
-17.245	90.595	1.5811	36.479	12.07
-7.9149	90.266	1.5754	37.494	12.03
4.4139	89.851	1.5682	37.315	11.98
15.210	89.478	1.5616	35.746	11.93
22.174	89.217	1.5571	34.059	11.89
23.049	89.183	1.5565	33.811	11.89
17.650	89.389	1.5601	35.214	11.91
7.3423	89.752	1.5664	37.018	11.96
-4.611	90.154	1.5734	37.616	12.02
-15.363	90.527	1.5800	36.762	12.07
-22.23	90.7	1.5844	35.538	12.14

Tabla 9: Tabla de valores para el método de Glover y McCulloch[24]

n	Irradiación Global		
	(kWh/m ²)	H/Ho	n/N
4.57674	4.33	0.1223	0.3779876
5.31333	4.21	0.1154	0.4398658
4.08133	4.58	0.12219	0.3391057
3.77366	4.4	0.11796	0.3149907
4.583	4.21	0.11777	0.3841440
4.641	4.18	0.12272	0.3901410
4.726	4.29	0.12687	0.3974398
6.075	4.6	0.13062	0.5097086
5.8356	4.59	0.12399	0.4876455
4.35233	4.55	0.12095	0.3620715
4.6713	4.65	0.12648	0.3870100
5.50333	4.38	0.12324	0.4550596

En la figura 12 se muestra los valores de la regresión lineal para obtener los valores a y b.

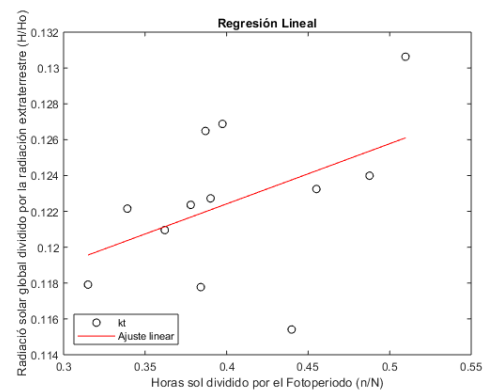


Figura 12. Regresión Lineal[24]

En la gráfica se muestra el ajuste para la regresión lineal obtenida de los valores en el eje X por las Horas de sol dividido por

el Fotoperiodo y en el eje Y la radiación global dividida por la radiación extraterrestre [24]. La regresión lineal permite obtener los valores de a y b los cuales son importantes para obtener los valores de irradiación por el método Glover & McCulloch que se observan en la tabla 10 [24]:

Tabla 10: Valores de irradiación por el método de Glover & McCulloch[24]

Meses	a	b	Glover & McCulloch (KWh/m2)
Enero	0.0336	0.109	4.30441489
Febrero	0.0336	0.109	4.51319667
Marzo	0.0336	0.109	4.51176309
Abril	0.0336	0.109	4.46004918
Mayo	0.0336	0.109	4.3555989
Junio	0.0336	0.109	4.15691534
Julio	0.0336	0.109	4.13492711
Agosto	0.0336	0.109	4.43931525
Septiembre	0.0336	0.109	4.63933282
Octubre	0.0336	0.109	4.55552896
Noviembre	0.0336	0.109	4.48296791
Diciembre	0.0336	0.109	4.41490018

En la tabla 10 se muestra los coeficientes de regresión a y b por cada mes con los valores de irradiación obtenidas por el método de Glover & McCulloch [24]. Con los valores dados en la tabla se realiza una gráfica, comparando los datos que arrojan la base de datos de la nasa con el método propuesto por Glover & McCulloch como se muestra en la figura 13[24].

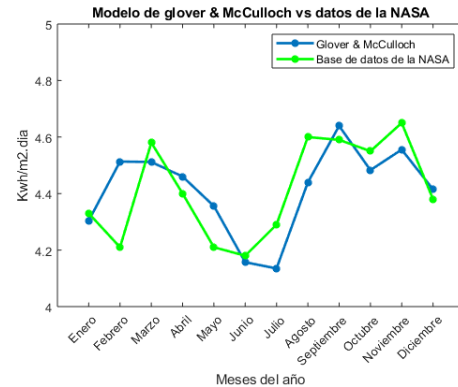


Figura 13. Método de Glover & McCulloch vs Datos de la Nasa[24]

En la figura 13 se muestra la irradiación por cada mes la misma que está dada en kWh/m2.dia.

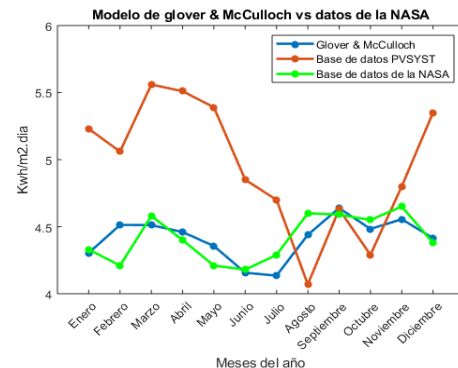


Figura 14. Modelo de G & M vs Datos de la NASA vs datos PVSYST[24]

En la figura 14 se muestra una comparación de la irradiación de las bases de datos de la NASA, PVSYST y el método de Glover & McCulloch en la cual se puede apreciar que la base de datos de PVSYST, presenta para el sector como caso de estudio una irradiación bastante favorable para la instalación de un sistema fotovoltaico debido a que es un programa que es utilizado con fines comerciales.

3.2 Electrolinera

La electrolinera contará con 3 puntos de carga, en este caso de carga semi-rápida por la que una electrolinera tendrá un consumo total de 21.9 kW solo para carga

de vehículos, y para otros usos como la iluminación de los espacios de la electrolinera, uso de aparatos eléctricos en la tienda y baños de la electrolinera se debe hacer un cálculo de la potencia de demanda. Para esto se realiza una descripción con las potencias de los elementos que se va a utilizar como se muestra en la tabla 11 [25]. En la tabla 11 se aprecia la demanda de la electrolinera.

Tabla 11: Demanda de la electrolinera[23]

Elementos	Cant.	Pot. (kW)	Horas uso	Energía (kWh/día)
Focos	8	0.009	10	0.72
Lamp. led	8	0.030	10	2.4
Refrigerador	1	0.054	24	1.296
Cafetera	1	0.9	1	0.9
Computador	1	0.005	12	0.06
Secadora de manos	2	1	2	2
			Total	7.376

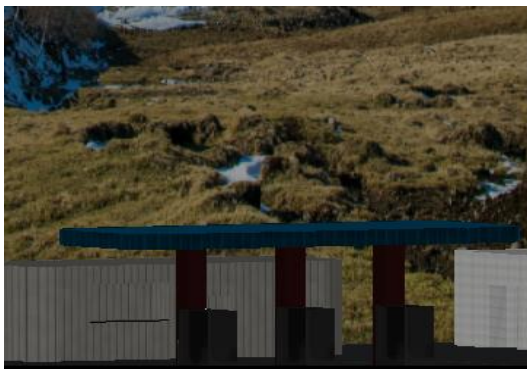


Figura 15. Electrolinera[23]



Figura 16. Electrolinera vista frontal[23]

La electrolinera cuenta con 3 estaciones para cargar cualquier tipo de vehículo eléctrico, además cuenta con una tienda de víveres para los pasajeros y baños.

3.3 Cálculo de la distancia de las luminarias

Los postes de alumbrado público vienen a ser una de las partes principales del sistema debido a que estos contendrán los paneles, los reguladores de carga para baterías, inversores, baterías y las luminarias del sistema fotovoltaico tal como se muestra en la figura 17.

El poste será de 12 metros y puede contener dos paneles de 400 W cuenta con una caja en la que se almacenará un inversor, regulador de carga y baterías la luminaria está ubicada a 1.5 metros desde el poste.



Figura 17: Poste de alumbrado público[17]

Para el cálculo de la distancia entre luminarias y para ejemplificación se utiliza el caso de estudio de la vía E487, en donde se escoge un factor de mantenimiento de 0.65, la cual corresponde a una luminaria abierta en un ambiente sucio debido a la cantidad de vehículos que circulan por la vía. Se procede a calcular los parámetros de factor de utilización.

$$K1 = \frac{W1}{H} = \frac{8}{10} = 0.8$$

$$K2 = \frac{W2}{H} = \frac{1}{10} = 0.1$$

$$K = K1 + K2 = 0.8 + 0.1 = 0.9$$

$$d = \frac{K \times fm \times \phi l}{W \times Em} = \frac{0.9 \times 0.65 \times 18200}{9 \times 35}$$

$$d = 33.8 \approx 39 \text{ m}$$

Se obtiene un valor de 39 m la cual es la separación entre postes, a continuación

con el valor obtenido se calcula la iluminación media en el momento en el que se pone en marcha la instalación.

$$Em = \frac{0.9 \times 1 \times 18200}{9 \times 39} = 46.6667lx$$

Para el cálculo del número de postes a lo largo de la vía se realiza lo siguiente.

$$N = \frac{64100 \text{ m}}{39 \text{ m}} + 1 = 1644.58 \approx 1645$$

Se realiza el cálculo para el número de postes que serán instalados en la vía por cada km [17].

$$N = \frac{1000 \text{ m}}{39 \text{ m}} + 1 = 26.64 \approx 27$$



Figura 18. Disposición de luminarias en la vía E487 georreferenciada

En la figura 18 se muestra la disposición de las luminarias georreferenciadas en la vía E487.

En el software DiaLux se ingresan los datos de las distancias, tipo de calzada para comprobar si los resultados obtenidos son óptimos para el tipo de vía.

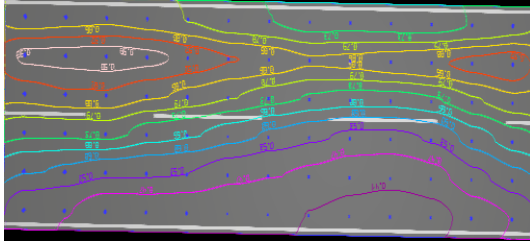


Figura 19. Iluminación de la carretera en el software DiaLux

En la tabla 12 se muestra los parámetros fotométricos obtenidos en el software DiaLux.

Tabla 12: Parámetros fotométricos obtenidos del software DiaLux

Párametros	DiaLux	Nominal
Lm	1.68 cd/m2	>1.50 cd/m2
Uo	0.5	>0.4
Ui	0.76	>0.7
TI	9%	<10%
R	0.62	>0.35

En la tabla 12 se muestra los parámetros fotométricos de iluminación del software DiaLux en comparación a los valores nominales del tipo de vía que en el caso de la vía E487 es M2. En donde todos los valores obtenidos en el software deben ser mayores a los nominales a excepción del Incremento Umbral, que en este caso debe ser menor para cumplir con las normativas del tipo de vía.

3.3 Diseño del sistema multipropósito

El dimensionamiento se realiza para la mitad de la carretera debido a que el mismo sistema se replicara en la otra mitad.

Para el dimensionamiento de paneles será necesario establecer el consumo de cada uno de los elementos en los postes tales como las lámparas y los repetidores de señal para telecomunicaciones, además el consumo de las electrolineras: [2]

$$E_{postes} = (822 \times 90W \times 12h) + (1 \times 10W \times 24h) = 888 \text{ kWh/día}$$

$$E_{electrolinera} = (3 \times 7.3 \text{ kW} \times 20h) + 7.376 \text{ kWh} = 445.376 \text{ Kwh/día}$$

$$E_{cargaTotal} = \frac{888 \text{ kWh}}{\text{día}} + \frac{445.376 \text{ Kwh}}{\text{día}} = 1333.376 \text{ Kwh/día}$$

El panel solar cuenta con las siguientes especificaciones técnicas que se muestran en la Tabla 13 las cuales sirven para el cálculo del número de paneles del sistema. En la tabla 13 semuestra las especificaciones técnicas del panel solar para las electrolineras.

Tabla 13: Especificaciones técnicas del panel solar para electrolineras[13]

Panel monocristalino de 400 W		
Potencia	405	Wp
Vmax	176.87	V
Vnom	150	V
Imax	2.287	A
Voc	216.8	V
Isc	2.520	A
Eficiencia	17.86	%

Con los datos del panel se procede a calcular la energía que genera el panel para lo cual se utiliza la siguiente expresión:

$$E_{panel} = 0.9 \times Wp(T) \times HSP \quad (10)$$

Donde:

E_{panel} : Energía producida por un panel

$Wp(T)$: Vatios pico del panel

HSP: Hora Solar Pico [26]

La Hora Pico Solar es tomada en el peor de los casos es decir las HSP del peor mes del año.

3.3.1 Dimensionamiento de paneles solares

$$E_{panel} = 0.9 \times 405Wp \times 4.18h/dia = 1523.61 Wh/dia$$

Debido a que en la vía que se implementa el sistema fotovoltaico cuenta con días nublados, es necesario considerar un 30% de energía para la carga de vehículos.

$$E_{extra} = 0.3 \times 1333.376 kWh/dia = 400 kWh/dia$$

Con esto se puede hacer uso de la siguiente ecuación, que permite calcular el número total de paneles:

$$NTP = \frac{E_{gen} + E_{extra}}{E_{panel}}$$

$$NTP = \frac{(1333.376 + 400)kWh/dia}{1523.61 Wh/día}$$

$$NTP = 1137.676 \approx 1138 \text{ paneles}$$

Con el número total de paneles se procede a calcular la energía total que el sistema va a generar con la siguiente expresión:

$$E_{paneles} = NTP \times Wp(T) \times HSP$$

$$E_{paneles} = 1138 \times 405W \times 4.18h/dia$$

$$E_{paneles} = 1926.52 kWh/día$$

Con esta ecuación comprobamos que la energía producida diaria por el conjunto de paneles abastece a la demanda debido a que es mayor la producción que la demanda.

3.3.2 Dimensionamiento del banco de baterías y regulador de carga para iluminación y telecomunicaciones

Debido a que el sistema va a ser implementado a lo largo de toda la vía y no en un solo punto, es decir, que el área de paneles será cubierta por todos los postes los cuales contienen 2 paneles en cada uno de ellos, por esta razón es necesario que en cada poste exista un banco de baterías separado para la iluminación.

Para el cálculo del número de baterías que se va a utilizar en el sistema es necesario la siguiente expresión

$$Cnb = \frac{ECT \times (D_{out} + 1)}{V_{nom} \times PD_{max} \times \eta_{inv} \times \eta_D} \quad (11)$$

Donde:

D_{out} : Días de autonomía

PD_{max} : Profundidad máxima de descarga

η_D : Eficiencia de descarga de batería

V_{nom} : Voltaje nominal

ECT: Consumo energético diario total de la carga [27].

Para la profundidad de descarga se utiliza un valor de 50 % esto para prolongar el ciclo de vida útil de las baterías.

El banco de baterías se utiliza baterías de 12 v a 200 Ah y la autonomía de un día esto debido a días nublados.

$$C_{nb} = \frac{1320 \frac{Wh}{día} \times (1 + 1)}{12v \times 0.5 \times 0.85 \times 0.9}$$

$$= 575.163Ah$$

El cálculo del número total de baterías se realiza con la siguiente expresión:

$$NBT = \frac{V_{nom} \times C_{nb}}{V_{nombat} \times C_{nbat}} \quad (12)$$

Donde:

NBT: Número total de baterías
 V_{nom} : Voltaje nominal del sistema
 V_{nombat} : Voltaje nominal de las baterías
 C_{nbat} : Capacidad de corriente nominal de las baterías [27].

$$NBT = \frac{24V \times 575.163Ah}{12V \times 200Ah} = 5.75$$

$$= 6 \text{ baterías}$$

El arreglo de baterías en serie y paralelo se obtiene con las siguientes expresiones:

$$NBS = \frac{V_{nom}}{V_{bat_nom}} = \frac{24V}{12V} = 2$$

$$NBP = \frac{NBT}{NBS} = \frac{6}{2} = 3$$

Las corrientes de carga y descarga se calculan con la siguiente expresión:

$$C_{maxcar} = NBP \times C \quad (13)$$

Donde:

C_{maxcar} : Capacidad máxima de carga
NBP: Número de baterías en paralelo [27].
C: Corriente máxima de carga [27].

$$C_{maxcar} = 3 \times \frac{200Ah}{5h} = 120 A$$

$$C_{maxdes} = 3 \times \frac{200Ah}{12h} = 50 A$$

La selección del regulador de carga dependerá directamente de la potencia pico de la generación de los paneles y la tensión del banco de baterías. Además es necesario para la selección del inversor conocer el voltaje de entrada para ellos se utiliza la siguiente expresión:

$$V_{in} = 1.25 \times NPS \times V_{oc} \quad (14)$$

Donde:

V_{in} : Voltaje de entrada del inversor
NPS: Paneles en serie
 V_{oc} : Voltaje de circuito abierto del panel [27].

$$V_{in} = 1.25 \times 1 \times 24 = 30V$$

El controlador a utilizar es el modelo BSC6048 48V 50A de máxima transferencia de potencia, debido a que el voltaje de entrada del controlador soporta el voltaje que es entregado por el arreglo de paneles.

Para hallar la máxima corriente de carga y descarga se utiliza las siguientes expresiones:

$$I_{des_bat} = 1.25 \frac{P_{car_CA}}{V_{nom} \times \eta_{inv}} \quad (15)$$

Donde:

I_{des_bat} : Corriente de descarga de la batería
 P_{car_CA} : Potencia total de la carga [27].

$$I_{carga} = \frac{P_{reg}}{V_{min_bat}} \quad (16)$$

Donde:

P_{reg} : Potencia regulada
 V_{min_bat} : Voltaje mínimo de la batería [27].

$$I_{desbat} = 1.25 \times \frac{100W}{12 \times 0.85} = 12.255A$$

$$I_{carga} = \frac{500W}{12} = 41.667A$$

3.3.3 Dimensionamiento de banco de baterías para electrolineras

$$C_{nb} = \frac{445.376 \frac{kWh}{dia} \times (2 + 1)}{150v \times 0.8 \times 0.85 \times 0.9}$$

$$= 14554.771Ah$$

$$NBT = \frac{384V \times 14554.771Ah}{48V \times 200Ah}$$

$$= 583 \text{ baterías}$$

El arreglo de baterías en serie y paralelo se obtiene con las siguientes expresiones:

$$NBS = \frac{V_{nom}}{V_{bat_nom}} = \frac{384V}{48V} = 8$$

$$NBP = \frac{NBT}{NBS} = \frac{583}{8} = 73$$

$$C_{maxcar} = 73 \times \frac{200Ah}{5h}$$

$$C_{maxcar} = 2920 A$$

$$C_{maxdes} = 73 \times \frac{200Ah}{12h}$$

$$C_{maxdes} = 1216.66 A$$

El regulador de carga de las electrolineras se calcula con la siguiente expresión:

$$V_{in} = 1.25 \times 3 \times 216.8V$$

$$V_{in} = 813 V$$

El controlador que se va a utilizar es el modelo DMSC-880V250A de máximo

punto de transferencia de potencia debido a que el voltaje del controlador soporta el voltaje del arreglo de paneles.

La corriente de carga y descarga de los paneles es la siguiente:

$$I_{desbat} = 1.25 * \frac{29.276kW}{48V * 0.85} = 896.936A$$

$$< 1216.66 A$$

$$I_{carga} = \frac{50000 W}{43V} = 1162.79A < 2920 A$$

3.3.4 Dimensionamiento de los inversores

Para el cálculo del número de inversores que se necesita en el sistema se utiliza la siguiente expresión:

$$N^{\circ}_{inversores} = \frac{P_{carCA}}{P_{inversor}} \quad (17)$$

Donde:

P_{carCA} : Potencia de la instalación

$P_{inversor}$: Potencia del inversor [27].

El inversor a utilizar será SNADI-TP 384 Vdc de 50 kW

$$N^{\circ}_{inversores} = \frac{29.276 kW}{50 kW} = 0.58$$

$$\approx 1 \text{ inversor}$$

Para el cálculo de potencia aparente del inversor se utiliza la siguiente expresión:

$$S_{invout} = 1.25 \times \frac{P_{carCA}}{Fp} \quad (18)$$

$$\times FS$$

Donde:

S_{invout} : Potencia aparente del inversor

FS: Factor de simultaneidad 1

Fp: Factor de potencia de las cargas en CA 0.8 [27].

$$S_{invout} = 1.25 \times \frac{29.276 \text{ kW}}{0.8} \times 1$$

$$= 45.74 \text{ kVA}$$

$$I_{picocarga} = \frac{29.276 \text{ kW}}{380\text{v}} = 77.04 \text{ A}$$

Para el inversor para iluminación y telecomunicaciones se tiene lo siguiente:

El inversor a utilizar será el THCA500 de 48VDC 110/220VAC de 500 W

$$N^{\circ}_{inversores} = \frac{100\text{W}}{500\text{W}} = 0.2 \approx 1$$

$$S_{invout} = 1.25 \times \frac{100\text{W}}{0.8} \times 1$$

$$= 156.25 \text{ VA}$$

$$I_{picocarga} = \frac{100\text{W}}{24\text{V}} = 4.166\text{A}$$

4 Simulación y resultados del sistema multipropósito

Con los cálculos obtenidos se procede a realizar la simulación en el software Etap.

Primero se realiza una configuración de baterías, regulador de carga e inversor por cada poste como se muestra en la figura 20:

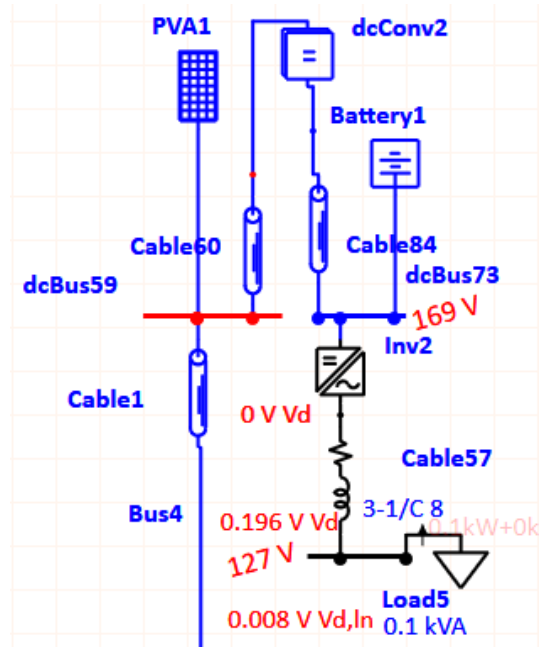


Figura 20 Arreglo por cada poste

En la figura 20 se observa el arreglo que se realiza para cada poste, este arreglo es para iluminación y telecomunicaciones, se utiliza un convertidor dc/dc debido a que el voltaje del panel es elevado y se necesita un voltaje de 48v para el inversor. Cada panel representa un poste y en cada panel esta la configuración de 2 paneles en paralelo y 1 en serie, cada arreglo está conectado hacia un bus como se muestra en la siguiente figura 21:

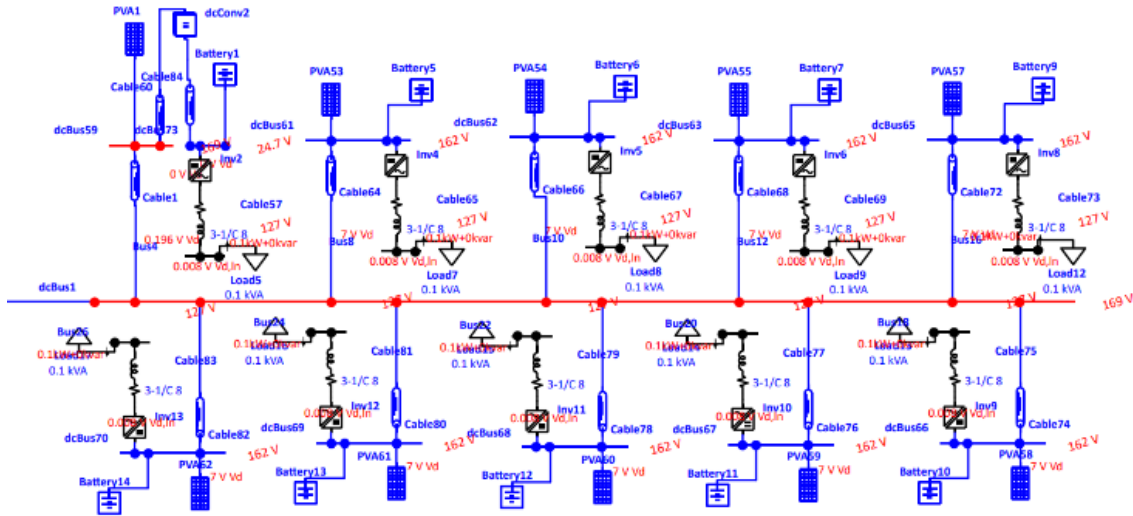


Figura 21 Arreglo por cada 10 postes

En la figura 21 se muestra un arreglo de 10 postes cada uno con sus sistemas individuales para comunicaciones e iluminación, la energía excedente es destinada hacia las electrolineras siendo el bus que se muestra en la figura 21 el que recolecta esa energía, existe caídas de tensión debido a las distancias en la tabla 14 se muestra cuanto energía aporta cada poste hacia el bus. En la tabla 14 se muestra las caídas de tensión del arreglo de 10 postes.

Tabla 14: Caídas de tensión del arreglo de 10 postes

Distancia (m)	Voltaje (V)	Caída de voltaje(V)	Voltaje total(V)
39	160.8	1.93	158.90
78	160.8	3.87	156.96
117	160.8	5.80	155.03
156	160.8	7.74	153.09
195	160.8	9.67	151.16
234	160.8	11.61	149.22
273	160.8	13.54	147.29
312	160.8	15.47	145.36
351	160.8	17.41	143.42
390	160.8	19.34	141.49

En la tabla 14 se muestra los valores de caídas de tensión en los conductores de acuerdo a las distancias de cada poste, estos valores están con su unidad de medida en voltios, el valor de voltaje nominal es el voltaje del panel el cual al pasar por los conductores nos da un voltaje total y se puede observar que la caída en el último poste es de 19.34 V por lo que a partir de esto se debe proceder a realizar una nueva configuración en las conexiones por tal razón al arreglo de 10 postes se los conecta en serie para el incremento de voltaje, debido a que las distancias son más largas con la nueva configuración se obtiene un mayor voltaje que permita llegar hacia las electrolineras.

En la figura 22 se representa el sistema total para la mitad de la vía E485 la cual replicada cubre la vía en su totalidad.

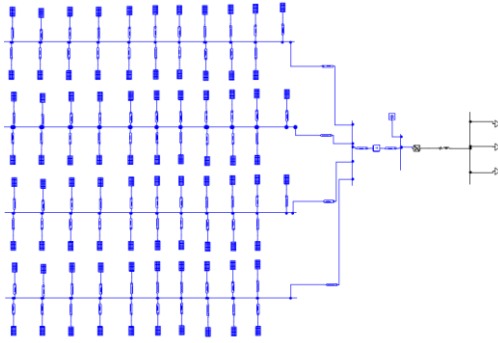


Figura 22 Sistema fotovoltaico multipropósito

En la figura 22 se representa el sistema completo, en ese caso cada panel representa un arreglo de 10 postes, obteniendo así la simulación para un total de 822 postes que cubren la mitad de la vía con su respectiva electrolinera. En la Anexos

Tabla 16: *Caída de voltaje del sistema por distancias* se muestra las caídas de tensión en el sistema debido a las distancias.

Con los valores de la simulación obtenidos se tiene la figura 23, la cual representa las pérdidas totales de potencia que se tiene en el sistema debido a las distancias.

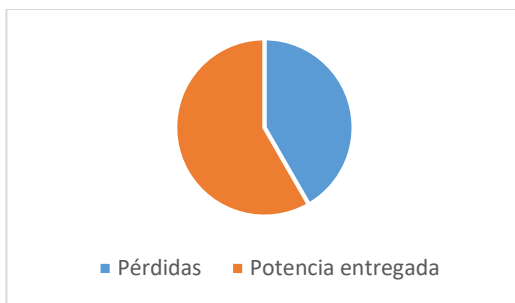


Figura 23. Potencia del sistema

La generación de los arreglos en cada poste de acuerdo a la irradiación por mes obtenida con el método de Glover & McCulloch es la siguiente:

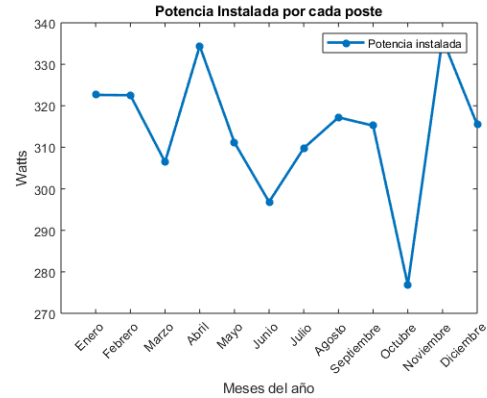


Figura 24. Potencia instalada por cada poste

En la figura 24 se puede observar la generación de los paneles que se tiene por cada poste siendo Octubre el peor mes de generación de los paneles y Noviembre uno de los mejores meses para la generación de energía.

4.1 Banco de baterías

A continuación se presenta un análisis del comportamiento del banco de baterías del sistema para diferentes casos en la electrolinera.

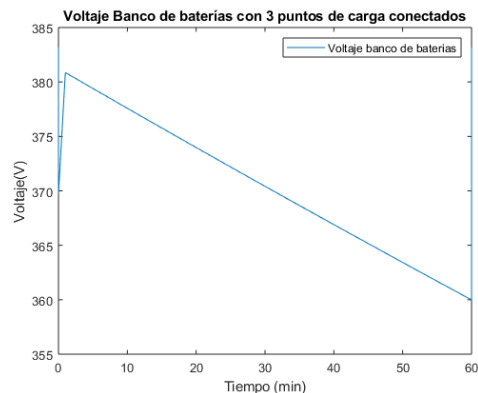


Figura 25. Voltaje del banco de baterías electrolineras

En la figura 25 se muestra el comportamiento del voltaje del banco de baterías en una hora, pero conectado 3 puntos de carga al mismo tiempo, se puede observar como tiende a bajar el voltaje de 384 v a unos 360 voltios pero luego vuelve

a estabilizarse el voltaje a los 384 voltios debido a que las cargas se desconectan. La Tabla 18: *Voltaje del banco de baterías* muestra los datos de la gráfica

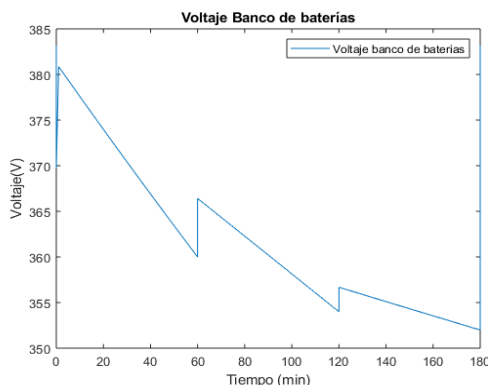


Figura 26. Voltaje banco de baterías electrolinerar

En la figura 26 se representa el comportamiento del banco de baterías de la electrolinerar frente al siguiente evento: en la primera hora la conexión de los 3 puntos de carga, en la segunda hora se desconecta un punto de carga y se mantienen los otro 2, en la tercera hora solamente queda conectado un punto de carga de la electrolinerar, se puede observar como el voltaje en la primera hora baja alrededor de 20 V en la segunda hora se ve como el voltaje se recupera debido a la desconexión de un punto de carga y el voltaje disminuye solamente unos 10 V aproximadamente y en la tercera hora se ve como igualmente recupera un poco el voltaje y disminuye aproximadamente solo 5 V. La Tabla 20: *Voltaje del banco de baterías* muestra los datos de voltaje del banco de baterías para caso de estudio mencionado.

El comportamiento de la corriente se muestra en la figura 27 en la que se realiza conexión y desconexión de cargas para obtener la siguiente gráfica:

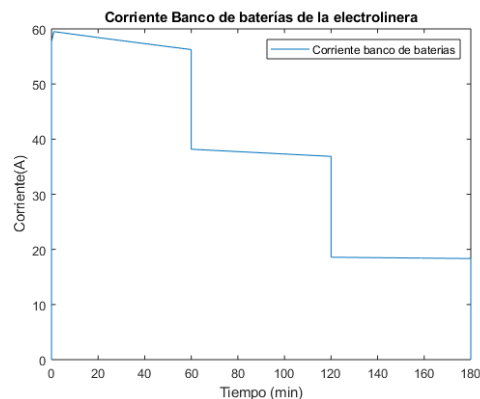


Figura 27. Corriente del banco de baterías de las electrolinerar

En la figura 27 se puede observar el comportamiento de la corriente, en el mismo caso del análisis del voltaje, se puede observar como en la primera hora la corriente disminuye un poco debido a que las 3 cargas están conectadas, en la segunda hora se puede ver como la corriente se mantiene un poco más estable y disminuye debido a que se desconecta una carga y en la tercera hora se puede observar una corriente mucho más estable que en las dos anteriores horas, debido a que se desconecta dos cargas y solo funciona una, también se observa disminución de consumo de corriente, debido a la misma razón de desconexión de carga. La Tabla 17: *Corriente del banco de baterías* muestra los datos de la corriente para el caso de estudio mencionado.

4.2 Resumen técnico del sistema multipropósito

El sistema a lo largo de la carretera para 2 electrolinerar cubrirá un área de paneles de 13160 m² que equivale aproximadamente a una hectárea y media. A continuación se presenta la tabla 17 con las características del sistema aislado fotovoltaico.

Tabla 15: Características del sistema aislado fotovoltaico [2]

Descripción	Valor	Unidades
Potencia Nominal	666225	W
Potencia instalada	158295.875	W
Área de paneles	13160	m ²
Energía producida diaria	1608822.96	Wh
Energía producida anual	587220380	Wh
Módulos instalados	1645	u

Debido a las pérdidas de potencia en los conductores toca implementar más paneles para cumplir con la demanda ya que como se puede observar con las pérdidas no se puede alcanzar la demanda de potencia con la misma cantidad por esa razón es que se ocupa mayor cantidad de paneles y se cumple con la demanda sin problema.

Cabe recalcar que el sistema es replicado para la otra mitad de la vía para tener 2 electrolineras a lo largo de una vía.

Cada arreglo de los postes incluye un convertidor dc/dc debido a que el voltaje de los paneles es muy elevador por tal razón es necesario el uso de convertidores.



Figura 28. Flujograma del proceso para diseño del sistema multipropósito

En la figura 28 se presenta el diagrama de flujo del proceso que se siguió para realizar el sistema multipropósito.

5 Conclusiones

Al implementar un sistema fotovoltaico a lo largo de una carretera, la principal ventaja es que se aprovecha los espacios debido a que estos no ocupan un área de terreno, que para el caso de estudio fue de 13160 m², con estos sistemas se puede obtener una mejor optimización de espacios.

La potencia instalada del sistema a comparación de la nominal es 4.2 veces menor debido a las caídas por distancias y la irradiación del sector a pesar de que la temperatura no sobrepase los 25°C.

La irradiación en la zona del caso de estudio tiene un promedio de 4.5 kWh, esta irradiación es baja comparada a la irradiación que PVSIST en su base de datos utiliza, debido a que es un programa con fines comerciales conviene que la irradiación sea el mejor de los casos, pero al comparar con un método como es el de Glover & McCulloch se observa una gran diferencia en la irradiación de la zona, por lo tanto para un diseño fotovoltaico será mejor utilizar el peor de los casos.

De un 100% que generan los paneles en su bus primario, las pérdidas fueron de 42% es decir que un 58% de energía es la que llega para el uso en electrolineras, aunque la demanda se cubre las pérdidas son demasiado altas pese a que se realiza arreglos para incrementar el voltaje y disminuir las pérdidas.

Los concentradores solares fotovoltaicos presentan una mayor eficiencia a los paneles convencionales, mejorando la baja eficiencia de los paneles convencionales que rondan el 17% al usar concentradores solares fotovoltaicos se obtiene una eficiencia del 170% es decir alrededor de 10 veces mejor que un panel convencional.

6 Referencias

- [1] J. G. V. Sánchez, *Análisis y Estimación de la Demanda Eléctrica con la Implementación de Vehículos Eléctricos conectados a una Red de Distribución en Cuenca y El Ecuador*. 2017.
- [2] A. Catalina and A. Fajardo, “Diseño , simulación y análisis , de sistema solar FV para suministro eléctrico en zonas rurales Design , simulation and analysis of PV solar system for electricity,” vol. 11, no. 1, pp. 92–99, 2014.
- [3] D. Adriana and A. Lozano, “Evaluación de la orientación y el ángulo de inclinación óptimo de una superficie plana para maximizar la captación de irradiación solar en Cuenca-Ecuador,” 2017.
- [4] A. N. Eddine and I. H. Chehade, “Estimation model for global solar radiation in Lebanon .,” pp. 2–6, 2016.
- [5] K. Namrata, S. P. Sharma, and S. B. L. Saksena, “Comparison of Different Models for Estimation of Global Solar Radiation in Jharkhand (India) Region,” vol. 2013, no. July, pp. 348–352, 2013.
- [6] Z. Gao, Y. Tian, J. Chen, and H. Chen, “A GIS-Based Study of Monthly Average Global Solar Radiation,” pp. 2–5, 2016.
- [7] J. Osorio, “Design and Implementation of a Solar Tracking Prototype for optimize a PV system .,” no. 44, pp. 245–250, 2010.
- [8] C. Cuji and H. D. Sisa, “Evaluación del consumo de energía eléctrica de acuerdo a la arquitectura bioclimático mediante

- el Modelo ASHRAE y Gauss T-Student Evaluation of electricity consumption according to the bioclimatic architecture using the ASHRAE Model and Gauss T-Student,” vol. 17, no. 1, 2021.
- [9] R. Espinoza and M. Horn, “Manual de diseño de sistemas fotovoltaicos aislados,” 2018.
- [10] I. Romano, “Estudio de alternativas en el reciclaje de baterías de plomo fuera de uso 1,” pp. 1–102, 2015.
- [11] L. Jaime, H. Fonseca, and D. Universidad, “Cells , Batteries And Lithium-Ion Batteries for an Alternative??,” pp. 41–48, 2011.
- [12] J. Sebastián and H. Mora, “Desarrollo de un regulador de carga para sistemas fotovoltaicos aplicando instrumentación virtual,” pp. 13–18, 2018.
- [13] E. P. Quispe, “Sistemas fotovoltaicos,” 2017.
- [14] O. Muñoz, “Optimización de la eficiencia de sistemas fotovoltaicos a través de recolección solar, basada en lentes de Fresnel,” vol. 1, no. 9, pp. 66–75, 2009.
- [15] E. Mediavilla and C. Cuji, “Fuzzy Controller for Energy Management in a Transition Process from Thermal Generation Plant to Renewables Controlador Difuso Para Gestión De La Energía En Un Proceso De Transición De Central De Generación Térmica A Renovables,” no. 18, pp. 61–73, 2022.
- [16] A. S. Dresel, “Sistema de concentración solar Fresnel para aplicaciones solares a escala comunitaria,” 2017.
- [17] T. F. Del, R. Por, and T. Por, “Instalación de alumbrado público mediante energía solar fotovoltaica,” 2020.
- [18] M. H. Sheu, L. H. Chang, S. C. Hsia, and C. Sun, “Intelligent System Design for Variable Color Temperature LED Street Light,” pp. 7–8, 2016.
- [19] P. Auquilla, J. Tápia, and A. Campoverde, “Optimización de paneles solares aplicados a un tipo de alumbrado público específico, mediante una aplicación diseñada en Matlab,” 2019.
- [20] J. Córdor and A. Águila, “Selección y dimensionamiento óptimo de los sistemas de alumbrado público basado en múltiples criterios.”
- [21] N. A. Bejarano, “Diseño de un sistema de generación eléctrica solar para la iluminación externa del modular de la escuela de ingeniería en ecoturismo,” 2011.
- [22] L. A. Cuasapaz, “Cálculo del sistema de electrificación solar para cubrir la demanda de iluminación en un barco turístico en el archipiélago de Galápagos,” 2004.
- [23] J. L. Carbo and S. O. Mendoza, “Diseño de construcción y análisis de emplazamiento de electrolineras en Guayaquil y Samborondón,” 2017.
- [24] A. Shukla, A. D. Pai, A. Skific, and S. Paulo, “Angstrom-PreScott model based Regression Coefficient Calculation for the Region of,” vol. 9, no. 4, pp. 335–339, 2020.
- [25] P. Panimboza and E. Ormeño, “Modelado y análisis de la planta fotovoltaica de salinas ubicada en la provincia de Imbabura,” 2020.
- [26] G. FLORES and E. GARCÍA, “Factibilidad del sistema de alumbrado público empleando

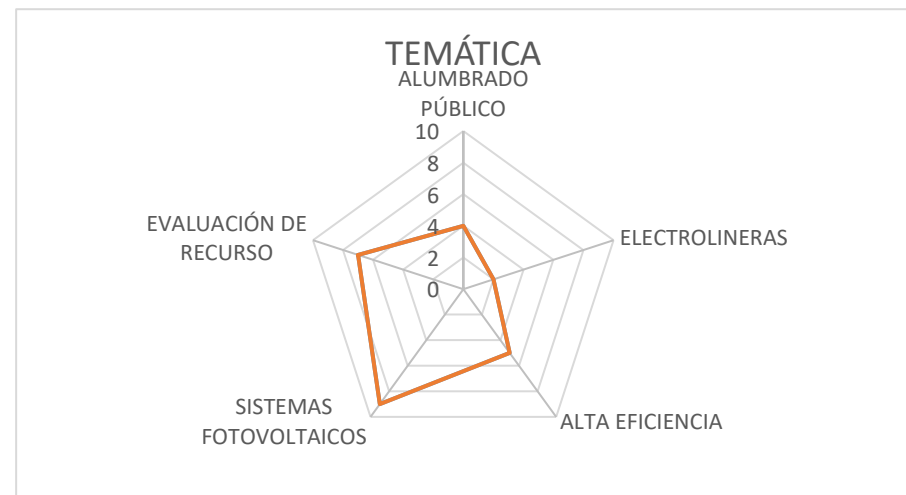
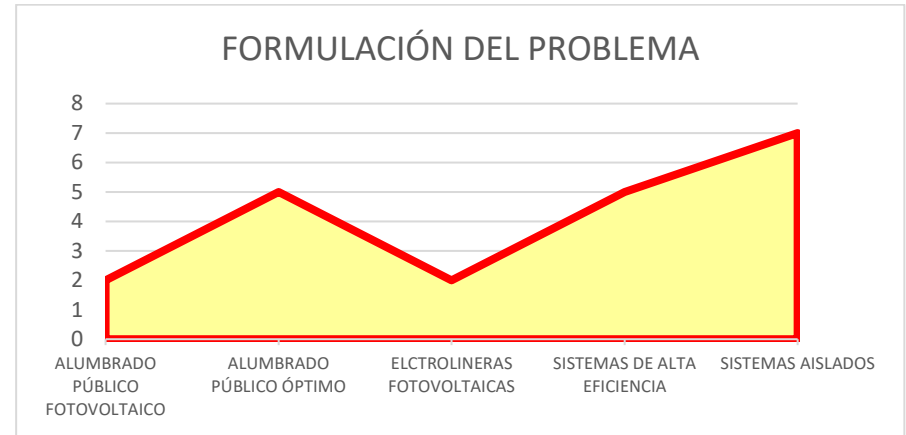
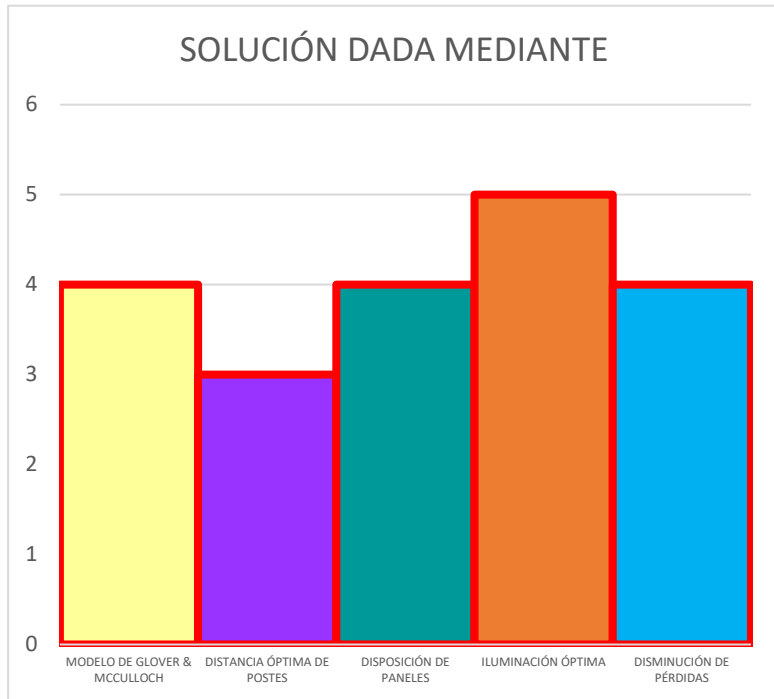
luminarias led y alimentación solar fotovoltaica,” 2016.

- [27] S. Salamanca, “Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica . Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá,” vol. 30, no. 30, pp. 263–277, 2017.

7 Estado del Arte

ITEM	DATOS			TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA				PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA				SOLUCIÓN PROPUESTA										
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	CITAS	ALUMBRADO PÚBLICO	ELECTROLINERAS	ALTA EFICIENCIA	SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	EVALUACIÓN DE RECURSO	ALUMBRADO PÚBLICO FOTOVOLTAICO	ALUMBRADO PÚBLICO ÓPTIMO	ELECTROLINERAS FOTOVOLTAICAS	SISTEMAS DE ALTA EFICIENCIA	SISTEMAS AISLADOS	IRRADIACIÓN DE LAS ZONAS	PARAMETROS FOTOMÉTRICOS	EVALUACIÓN DE RECURSO	ALGORITMO GLOVER & MCCULLOCH	CARGA Y DESCARGA BATERIAS	SISTEMAS AISLADOS	CONCENTRADORES SOLARES FOTOVOLTAICOS	NORMAS Y REGULACIONES	SOFTWARE	ANÁLISIS VEHICULOS ELÉCTRICOS	ALGORITMOS	MODELO DE GLOVER & MCCULLOCH	DISTANCIA ÓPTIMA DE POSTES	DISPOSICIÓN DE PANELES	ILUMINACIÓN ÓPTIMA	DISMINUCIÓN DE PÉRDIDAS	
1	2016	A GIS-Based Study of Monthly Average Global Solar Radiation	4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	2017	Análisis y Estimación de la Demanda Eléctrica con la Implementación de Vehículos Eléctricos conectados a una Red de Distribución en Cuenca y El Ecuador	12	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	1957	The empirical relation between solar radiation and hours of sunshine	392	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	2013	Comparison of Different Models for Estimation of Global Solar Radiation in Jharkhand (India) Region	25	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	2018	Desarrollo de un regulador de carga para sistemas fotovoltaicos aplicando instrumentación virtual	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	2011	Desarrollo del modelo bristow campbell para estimar la radiación solar global de la región de junin , Perú	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	2014	Diseño , simulación y análisis , de sistema solar FV para suministro eléctrico en zonas rurales Design , simulation and analysis of PV solar system for electricity	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	2010	Design and Implementation of a Solar Tracking Prototype for optimize a PV system .	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	2016	Estimation model for global solar radiation in Lebanon .	8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	2015	Estudio de alternativas en el reciclaje de baterías de plomo fuera de uso	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	2019	Solar energy potential evaluation of Santander , Colombia	7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	2016	Factibilidad del sistema de alumbrado público empleando luminarias led y alimentación solar fotovoltaica	11	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	2017	Impacto de la Generación Distribuida en la Red de Distribución	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	2020	Instalación de alumbrado público mediante energía solar fotovoltaica	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ITEM	DATOS		TEMÁTICA					FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO					RESTRICCIONES DEL PROBLEMA				PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA					SOLUCIÓN PROPUESTA							
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	CITAS	ALUMBRADO PÚBLICO	ELECTROLINERAS	ALTA EFICIENCIA	SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	EVALUACIÓN DE RECURSO	ALUMBRADO PÚBLICO FOTOVOLTAICO	ALUMBRADO PÚBLICO ÓPTIMO	ELECTROLINERAS FOTOVOLTAICAS	SISTEMAS DE ALTA EFICIENCIA	SISTEMAS AISLADOS	IRRADIACIÓN DE LAS ZONAS	PARAMETROS FOTOMÉTRICOS	EVALUACIÓN DE RECURSO	ALGORITMO GLOVER & MCCULLOCH	CARGA Y DESCARGA BATERIAS	SISTEMAS AISLADOS	CONCENTRADORES SOLARES FOTOVOLTAICOS	NORMAS Y REGULACIONES	SOFTWARE	ANÁLISIS VEHICULOS ELÉCTRICOS	ALGORITMOS	MODELO DE GLOVER & MCCULLOCH	DISTANCIA ÓPTIMA DE POSTES	DISPOSICIÓN DE PANELES	ILUMINACIÓN ÓPTIMA	DISMINUCIÓN DE PÉRDIDAS
15	2016	Intelligent System Design for Variable Color Temperature LED Street Light	7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	2011	Inter-Comparison R f Solar Radiation I rom Different Data Sources : Case R f Some Algerian Sites	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	2020	Investigation and Feasibility Evaluation of Using Nanogrid Technology Integrated Into Road Lighting System	5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
18	2011	LITIO UNA ALTERNATIVA PARA?? Cells , Batteries And Lithium-Ion Batteries for an Alternative??	13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	2018	Manual de diseño de sistemas fotovoltaicos aislados	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	2018	Modelling and Simulation of Solar Radiation using Different Models for Amravati	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	2009	OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS A TRAVÉS DE RECOLECCIÓN SOLAR, BASADA EN LENTES DE FRESNEL	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
22	2019	Optimización de paneles solares aplicados a un tipo de alumbrado público específico, mediante una aplicación diseñada en Matlab	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23	2017	Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica . Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá Design proposal for a photovoltaic solar energy system . Case of application in the Energía solar	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24	2018	Selección y dimensionamiento óptimo de los sistemas de alumbrado público basado en múltiples criterios	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25	2022	Estimation of Energy Payback Time Applied In Hydrogen Production For Electricity Generation Purposes	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26	2021	Evaluation of electricity consumption according to the bioclimatic architecture using the ASHRAE Model and Gauss T-Student	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27	2022	Fuzzy Controller for Energy Management in a Transition Process from Thermal Generation Plant to Renewables	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
CANTIDAD:			2	1	4	5	1	0	3	1	2	3	1	2	1	1	2	2	2	2	1	0	0	0	2	1	4	2	



8 Anexos

Tabla 16: Caída de voltaje del sistema por distancias

Distancia(m)	Caída de voltaje (V)	Voltaje total (V)
351	13.807708	1594.492292
702	27.6154161	1580.684584
1053	41.4231241	1566.876876
1404	55.2308321	1553.069168
1755	69.0385401	1539.26146
2106	82.8462482	1525.453752
2457	96.6539562	1511.646044
2808	110.461664	1497.838336
3159	124.269372	1484.030628
3510	138.07708	1470.22292
3861	151.884788	1456.415212
4212	165.692496	1442.607504
4563	179.500204	1428.799796
4914	193.307912	1414.992088
5265	207.11562	1401.18438
5616	220.923328	1387.376672
5967	234.731036	1373.568964
6318	248.538745	1359.761255
6669	262.346453	1345.953547
7020	276.154161	1332.145839
7371	289.961869	1318.338131
7722	303.769577	1304.530423
8073	317.577285	1290.722715
8424	331.384993	1276.915007
8775	345.192701	1263.107299
9126	359.000409	1249.299591
9477	372.808117	1235.491883
9828	386.615825	1221.684175
10179	400.423533	1207.876467
10530	414.231241	1194.068759
10881	428.038949	1180.261051
11232	441.846657	1166.453343
11583	455.654365	1152.645635
11934	469.462073	1138.837927
12285	483.269781	1125.030219
12636	497.077489	1111.222511
12987	510.885197	1097.414803
13338	524.692905	1083.607095
13689	538.500613	1069.799387
14040	552.308321	1055.991679
14391	566.116029	1042.183971
14742	579.923737	1028.376263

15093	593.731445	1014.568555
15444	607.539153	1000.760847
15795	621.346861	986.9531387
16146	635.154569	973.1454307
16497	648.962277	959.3377226
16848	662.769985	945.5300146
17199	676.577693	931.7223066
17550	690.385401	917.9145985
17901	704.193109	904.1068905
18252	718.000818	890.2991825
18603	731.808526	876.4914745
18954	745.616234	862.6837664
19305	759.423942	848.8760584
19656	773.23165	835.0683504
20007	787.039358	821.2606423
20358	800.847066	807.4529343
20709	814.654774	793.6452263
21060	828.462482	779.8375182
21411	842.27019	766.0298102
21762	856.077898	752.2221022
22113	869.885606	738.4143942
22464	883.693314	724.6066861
22815	897.501022	710.7989781
23166	911.30873	696.9912701
23517	925.116438	683.183562
23868	938.924146	669.375854
24219	952.731854	655.568146
24570	966.539562	641.760438
24921	980.34727	627.9527299
25272	994.154978	614.1450219
25623	1007.96269	600.3373139
25974	1021.77039	586.5296058
26325	1035.5781	572.7218978
26676	1049.38581	558.9141898
27027	1063.19352	545.1064818
27378	1077.00123	531.2987737
27729	1090.80893	517.4910657
28080	1104.61664	503.6833577
28431	1118.42435	489.8756496
28782	1132.23206	476.0679416
29133	1146.03977	462.2602336

Tabla 17: Corriente del banco de baterías

Tiempo (Min.)	Corriente(A)
0	0
0	57.770069
1	59.50935
1	59.510056
2	59.451229
2	59.452404
3	59.394749
3	59.395905
4	59.337082
4	59.338268
5	59.280628
5	59.281792
6	59.22298
6	59.224178
7	59.166546
7	59.167725
8	59.1101
8	59.111282
9	59.052486
9	59.053699
10	58.996086
10	58.99728
11	58.939671
11	58.940868
12	58.883266
12	58.884472
13	58.826874
13	58.828083
14	58.770493
14	58.771706
15	58.714119
15	58.71534
16	58.657761
16	58.658981
17	58.60141
17	58.602638
18	58.545071
18	58.546303
19	58.488739
19	58.489979
20	58.433598
20	58.434814
21	58.377262
21	58.378513
22	58.320965
22	58.32222
23	58.265854

23	58.267086
24	58.209553
24	58.210815
25	58.154461
25	58.155704
26	58.098179
26	58.099457
27	58.04311
27	58.044365
28	57.986851
28	57.988155
29	57.931816
29	57.93317
30	57.876835
30	57.878189
31	57.821861
31	57.823219
32	57.76572
32	57.767113
33	57.710793
33	57.712162
34	57.655846
34	57.657219
35	57.600906
35	57.602283
36	57.545975
36	57.547356
37	57.491055
37	57.492439
38	57.436142
38	57.437531
39	57.381241
39	57.382633
40	57.327518
40	57.328884
41	57.272602
41	57.274002
42	57.217724
42	57.219131
43	57.162857
43	57.164268
44	57.109169
44	57.110554
45	57.054291
45	57.055706
46	57.000618
46	57.00201
47	56.945755
47	56.947182
48	56.892101
48	56.893501
49	56.837257
49	56.838692
50	56.783619

50	56.78503
51	56.729961
51	56.731377
52	56.675144
52	56.67659
53	56.621532
53	56.622955
54	56.567902
54	56.569328
55	56.514278
55	56.515709
56	56.460663
56	56.462097
57	56.407055
57	56.408493
58	56.353458
58	56.3549
59	56.29987
59	56.301315
60	56.246288
60	38.166466
61	38.144535
61	38.1464
62	38.122875
62	38.124737
63	38.101204
63	38.103058
64	38.08025
64	38.082043
65	38.058498
65	38.060341
66	38.036789
66	38.038624
67	38.015064
67	38.016891
68	37.994057
68	37.995823
69	37.972252
69	37.974068
70	37.950485
70	37.952293
71	37.92944
71	37.931183
72	37.907593
72	37.909389
73	37.886517
73	37.888252
74	37.864647
74	37.866428
75	37.843544
75	37.845264
76	37.821644
76	37.823414
77	37.799782

77	37.801544
78	37.778641
78	37.780342
79	37.756699
79	37.75845
80	37.735531
80	37.737217
81	37.714298
81	37.715981
82	37.692314
82	37.694042
83	37.671104
83	37.672775
84	37.649097
84	37.65081
85	37.627857
85	37.629513
86	37.606556
86	37.608208
87	37.584507
87	37.586201
88	37.563229
88	37.564865
89	37.541885
89	37.543514
90	37.519794
90	37.521469
91	37.498474
91	37.500088
92	37.477093
92	37.478699
93	37.455696
93	37.457298
94	37.433548
94	37.435196
95	37.41217
95	37.413761
96	37.390736
96	37.392315
97	37.369282
97	37.370857
98	37.347816
98	37.349388
99	37.32634
99	37.327904
100	37.304108
100	37.305714
101	37.282646
101	37.284199
102	37.261127
102	37.262669
103	37.239594
103	37.241131
104	37.218044

104	37.219574
105	37.196484
105	37.198006
106	37.174908
106	37.176422
107	37.15332
107	37.154827
108	37.131714
108	37.133217
109	37.110096
109	37.111591
110	37.088467
110	37.089954
111	37.066818
111	37.068302
112	37.045902
112	37.047333
113	37.024185
113	37.025654
114	37.002499
114	37.00396
115	36.980797
115	36.98225
116	36.95908
116	36.960529
117	36.937351
117	36.938793
118	36.916351
118	36.91774
119	36.89455
119	36.895977
120	36.872776
120	18.576742
121	18.576977
121	18.572985
122	18.572985
122	18.568741
123	18.568741
123	18.564762
124	18.564762
124	18.560516
125	18.560516
125	18.55654
126	18.55654
126	18.552296
127	18.552296
127	18.548319
128	18.548319
128	18.544075
129	18.544075
129	18.540098
130	18.540098
130	18.535856
131	18.535856

131	18.531881
132	18.531881
132	18.527905
133	18.527905
133	18.523663
134	18.523663
134	18.51969
135	18.51969
135	18.515448
136	18.515448
136	18.511475
137	18.511475
137	18.507235
138	18.507235
138	18.503262
139	18.503262
139	18.499289
140	18.499289
140	18.49505
141	18.49505
141	18.491079
142	18.491079
142	18.486841
143	18.486841
143	18.48287
144	18.48287
144	18.478899
145	18.478899
145	18.474661
146	18.474661
146	18.470692
147	18.470692
147	18.466455
148	18.466455
148	18.462486
149	18.462486
149	18.458517
150	18.458517
150	18.454281
151	18.454281
151	18.450314
152	18.450314
152	18.446079
153	18.446079
153	18.442112
154	18.442112
154	18.438145
155	18.438145
155	18.43391
156	18.43391
156	18.429945
157	18.429945
157	18.425978
158	18.425978

158	18.421747
159	18.421747
159	18.417782
160	18.417782
160	18.413816
161	18.413816
161	18.409584
162	18.409584
162	18.405621
163	18.405621
163	18.401657
164	18.401657
164	18.397427
165	18.397427
165	18.393465
166	18.393465
166	18.3895
167	18.3895
167	18.385271
168	18.385271
168	18.38131
169	18.38131
169	18.377348
170	18.377348
170	18.373119
171	18.373119
171	18.36916
172	18.36916
172	18.365198
173	18.365198
173	18.360971
174	18.360971
174	18.357012
175	18.357012
175	18.353052
176	18.353052
176	18.348827
177	18.348827
177	18.34487
178	18.34487
178	18.34091
179	18.34091
179	18.33695
180	18.33695
180	0

Tabla 18: Voltaje del banco de baterías

Tiempo (Min.)	Voltaje (V)
0	383.1600037
0	369.7284546
1	380.864502
1	380.8642578
2	380.4956665
2	380.4952087
3	380.1340637
3	380.1336365
4	379.7651978
4	379.7647705
5	379.4037476
5	379.4033203
6	379.0350037
6	379.0345764
7	378.6737061
7	378.6732788
8	378.3124695
8	378.3120422
9	377.9439697
9	377.943512
10	377.5828552
10	377.582428
11	377.2218323
11	377.221405
12	376.8609009
12	376.8604431
13	376.5
13	376.4995728
14	376.1391907
14	376.1387329
15	375.7784424
15	375.7779846
16	375.4177856
16	375.4173279
17	375.0571594
17	375.0567017
18	374.6966248
18	374.696167
19	374.3361511
19	374.3356934
20	373.9830933
20	373.9826355
21	373.6227722
21	373.6223145
22	373.2625122

22	373.2620239
23	372.9096375
23	372.9091797
24	372.54953
24	372.5490417
25	372.1968079
25	372.1963196
26	371.8368225
26	371.8363342
27	371.4842224
27	371.4837341
28	371.1245117
28	371.1239929
29	370.772583
29	370.7720642
30	370.4207153
30	370.4201965
31	370.0689087
31	370.0683899
32	369.7098389
32	369.7092896
33	369.3581543
33	369.357605
34	369.0065002
34	369.0059814
35	368.6549377
35	368.6543884
36	368.3034058
36	368.3028564
37	367.9519348
37	367.9513855
38	367.6005249
38	367.5999756
39	367.249176
39	367.2486267
40	366.9051819
40	366.9046326
41	366.5539551
41	366.5534058
42	366.2027588
42	366.2022095
43	365.8516235
43	365.8510742
44	365.5078735
44	365.5073242
45	365.1568604
45	365.1562805
46	364.8132019
46	364.8126221
47	364.4623108
47	364.461731
48	364.1187439
48	364.1181946
49	363.7679749

49	363.767395
50	363.42453
50	363.4239502
51	363.0811462
51	363.0805664
52	362.7305298
52	362.72995
53	362.3872375
53	362.3866577
54	362.0440369
54	362.043457
55	361.7008667
55	361.7002869
56	361.3577576
56	361.3571777
57	361.0147095
57	361.0140991
58	360.6716919
58	360.6711121
59	360.3287354
59	360.3281555
60	359.9858398
60	366.4134216
61	366.2058716
61	366.2039795
62	365.9978943
62	365.9960327
63	365.7897949
63	365.7879333
64	365.5880127
64	365.5862122
65	365.3796997
65	365.3778687
66	365.1712036
66	365.1693726
67	364.9625854
67	364.9607544
68	364.7603149
68	364.7585449
69	364.5514526
69	364.5496826
70	364.3424377
70	364.3406677
71	364.1397705
71	364.1380615
72	363.930542
72	363.928772
73	363.7276306
73	363.7259216
74	363.5181274
74	363.5163879
75	363.3149414
75	363.3132629
76	363.1051941

76	363.1034851
77	362.8952332
77	362.8935242
78	362.6916809
78	362.690033
79	362.4815063
79	362.4798279
80	362.2776794
80	362.276062
81	362.0737915
81	362.0721741
82	361.8632202
82	361.8615723
83	361.6590271
83	361.6574402
84	361.4481812
84	361.4465637
85	361.2437134
85	361.242157
86	361.0391541
86	361.0376282
87	360.8279419
87	360.826355
88	360.6230774
88	360.6215515
89	360.4181213
89	360.416626
90	360.2064819
90	360.2049255
91	360.0012207
91	359.9997559
92	359.7958984
92	359.7944031
93	359.5904236
93	359.5889587
94	359.3782349
94	359.3767395
95	359.1724854
95	359.1710205
96	358.9666138
96	358.9651794
97	358.7606201
97	358.7591858
98	358.5544739
98	358.5530701
99	358.3482361
99	358.3468323
100	358.1352234
100	358.1337891
101	357.9286499
101	357.9272766
102	357.7219849
102	357.7206116
103	357.5151978

103	357.5138245
104	357.3082886
104	357.3069153
105	357.1012268
105	357.099884
106	356.8940125
106	356.8927002
107	356.6867065
107	356.6853638
108	356.479248
108	356.4779358
109	356.271637
109	356.2703247
110	356.0639038
110	356.0626221
111	355.8560486
111	355.8547668
112	355.6547241
112	355.6534729
113	355.4466248
113	355.4453735
114	355.2383423
114	355.2370911
115	355.0299377
115	355.028717
116	354.8214111
116	354.8201904
117	354.6127319
117	354.6115112
118	354.410614
118	354.4094543
119	354.2017212
119	354.2005005
120	353.9926147
120	356.6780396
121	356.6004028
121	356.6015625
122	356.5188293
122	356.52005
123	356.4425049
123	356.4436646
124	356.3609314
124	356.3621826
125	356.2846375
125	356.2857971
126	356.203064
126	356.2043152
127	356.12677
127	356.1279602
128	356.0452576
128	356.0465088
129	355.9689636
129	355.9701538
130	355.8874512

130	355.8887024
131	355.8111877
131	355.8123779
132	355.7348633
132	355.7360535
133	355.6533508
133	355.6546326
134	355.5771179
134	355.5783081
135	355.495636
135	355.4969177
136	355.4194031
136	355.4205933
137	355.3379211
137	355.3392029
138	355.2617188
138	355.2629089
139	355.1854248
139	355.1866455
140	355.1039734
140	355.1052856
141	355.027771
141	355.0289917
142	354.9463501
142	354.9476624
143	354.8701782
143	354.8713989
144	354.7939148
144	354.795166
145	354.7125244
145	354.7138367
146	354.6363525
146	354.6376038
147	354.5549622
147	354.5562744
148	354.4788208
148	354.480072
149	354.4025879
149	354.4038391
150	354.321228
150	354.3225708
151	354.2451172
151	354.2463684
152	354.1637268
152	354.1650696
153	354.0876465
153	354.0888977
154	354.0114441
154	354.0127258
155	353.9301147
155	353.9314575
156	353.8540344
156	353.8552856
157	353.7778625

157	353.7791443
158	353.6965332
158	353.6979065
159	353.6204834
159	353.6217651
160	353.544342
160	353.5456238
161	353.4630432
161	353.4644165
162	353.3869934
162	353.3883057
163	353.3108826
163	353.3121643
164	353.2296143
164	353.2309875
165	353.153595
165	353.1548767
166	353.0774841
166	353.0787964
167	352.9962463
167	352.9976196
168	352.9202271
168	352.9215393
169	352.8441467
169	352.845459
170	352.7629395
170	352.7643433
171	352.6869507
171	352.6882629
172	352.6109009
172	352.6122131
173	352.5296936
173	352.5310974
174	352.4537354
174	352.4550476
175	352.3776855
175	352.3790283
176	352.2965088
176	352.2979126
177	352.2205505
177	352.2218933
178	352.1445313
178	352.145874
179	352.0685425
179	352.0698853
180	351.9873657
180	383.1600037

Tabla 19: Pérdida de potencia del sistema

Pérdida de potencia	Potencia Instalada
32.44811387	5967.55189
64.89622774	5935.10377
97.34434161	5902.65566
129.7924555	5870.20754
162.2405693	5837.75943
194.6886832	5805.31132
227.1367971	5772.8632
259.5849109	5740.41509
292.0330248	5707.96698
324.4811387	5675.51886
356.9292526	5643.07075
389.3773664	5610.62263
421.8254803	5578.17452
454.2735942	5545.72641
486.721708	5513.27829
519.1698219	5480.83018
551.6179358	5448.38206
584.0660496	5415.93395
616.5141635	5383.48584
648.9622774	5351.03772
681.4103912	5318.58961
713.8585051	5286.14149
746.306619	5253.69338
778.7547328	5221.24527
811.2028467	5188.79715
843.6509606	5156.34904
876.0990745	5123.90093
908.5471883	5091.45281
940.9953022	5059.0047
973.4434161	5026.55658
1005.89153	4994.10847
1038.339644	4961.66036
1070.787758	4929.21224
1103.235872	4896.76413
1135.683985	4864.31601
1168.132099	4831.8679
1200.580213	4799.41979

1233.028327	4766.97167
1265.476441	4734.52356
1297.924555	4702.07545
1330.372669	4669.62733
1362.820782	4637.17922
1395.268896	4604.7311
1427.71701	4572.28299
1460.165124	4539.83488
1492.613238	4507.38676
1525.061352	4474.93865
1557.509466	4442.49053
1589.95758	4410.04242
1622.405693	4377.59431
1654.853807	4345.14619
1687.301921	4312.69808
1719.750035	4280.24996
1752.198149	4247.80185
1784.646263	4215.35374
1817.094377	4182.90562
1849.542491	4150.45751
1881.990604	4118.0094
1914.438718	4085.56128
1946.886832	4053.11317
1979.334946	4020.66505
2011.78306	3988.21694
2044.231174	3955.76883
2076.679288	3923.32071
2109.127401	3890.8726
2141.575515	3858.42448
2174.023629	3825.97637
2206.471743	3793.52826
2238.919857	3761.08014
2271.367971	3728.63203
2303.816085	3696.18392
2336.264199	3663.7358
2368.712312	3631.28769
2401.160426	3598.83957
2433.60854	3566.39146
2466.056654	3533.94335
2498.504768	3501.49523
2530.952882	3469.04712
2563.400996	3436.599
2595.849109	3404.15089
2628.297223	3371.70278

2660.745337
2693.193451

3339.25466
3306.80655

Tabla 20: Voltaje del banco de baterías

Time (Min.)	V (Volt)
0	383.1600037
0	369.7284546
1	380.864502
1	380.8642578
2	380.4956665
2	380.4952087
3	380.1340637
3	380.1336365
4	379.7651978
4	379.7647705
5	379.4037476
5	379.4033203
6	379.0350037
6	379.0345764
7	378.6737061
7	378.6732788
8	378.3124695
8	378.3120422
9	377.9439697
9	377.943512
10	377.5828552
10	377.582428
11	377.2218323
11	377.221405
12	376.8609009
12	376.8604431
13	376.5
13	376.4995728
14	376.1391907
14	376.1387329
15	375.7784424
15	375.7779846
16	375.4177856
16	375.4173279
17	375.0571594
17	375.0567017
18	374.6966248
18	374.696167
19	374.3361511
19	374.3356934
20	373.9830933
20	373.9826355
21	373.6227722

21	373.6223145
22	373.2625122
22	373.2620239
23	372.9096375
23	372.9091797
24	372.54953
24	372.5490417
25	372.1968079
25	372.1963196
26	371.8368225
26	371.8363342
27	371.4842224
27	371.4837341
28	371.1245117
28	371.1239929
29	370.772583
29	370.7720642
30	370.4207153
30	370.4201965
31	370.0689087
31	370.0683899
32	369.7098389
32	369.7092896
33	369.3581543
33	369.357605
34	369.0065002
34	369.0059814
35	368.6549377
35	368.6543884
36	368.3034058
36	368.3028564
37	367.9519348
37	367.9513855
38	367.6005249
38	367.5999756
39	367.249176
39	367.2486267
40	366.9051819
40	366.9046326
41	366.5539551
41	366.5534058
42	366.2027588
42	366.2022095
43	365.8516235
43	365.8510742
44	365.5078735
44	365.5073242
45	365.1568604
45	365.1562805
46	364.8132019
46	364.8126221
47	364.4623108
47	364.461731
48	364.1187439

48	364.1181946
49	363.7679749
49	363.767395
50	363.42453
50	363.4239502
51	363.0811462
51	363.0805664
52	362.7305298
52	362.72995
53	362.3872375
53	362.3866577
54	362.0440369
54	362.043457
55	361.7008667
55	361.7002869
56	361.3577576
56	361.3571777
57	361.0147095
57	361.0140991
58	360.6716919
58	360.6711121
59	360.3287354
59	360.3281555
60	359.9858398
60	383.1600037
